

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention de diplôme de Master en Sciences Alimentaires

Spécialité : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

Essai de valorisation de la farine de blé dur en l'incorporant dans la préparation de la brioche

Réalisé par : M^{elle} MECHAI Lisa
M^{elle} REDOUANI Tinhinane

Soutenu le : 22 /09/2022

Président : M^r BENGANA M. Maître de conférences à l'U.M.M.T.O.
Examinatrice : M^{me} REMANE-BENMALEM Y. Maître assistante à l'U.M.M.T.O.
Promotrice : M^{me} MEFIDENE-LAMMI S. Maître de conférences à l'U.M.M.T.O.

2021-2022

Remerciements

Avant tout, nous remercions le bon DIEU le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé pour réaliser ce travail.

Nous remercions infiniment notre promotrice M^{me} MEFIDENE-LAMMI S. maître de conférences à l'U.M.M.T.O. d'avoir accepté de nous encadrer, ainsi pour sa confiance, ses conseils et ses orientations pour réussir ce travail.

Nous remercions les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de participer et de juger notre mémoire :

Le président de jury M^r BENGANA M. maître de conférences à l'U.M.M.T.O.

L'examinatrice M^{me} REMANE- BENMALEM Y. maître assistante à l'U.M.M.T.O.

Nous tenons à remercier M^r le directeur de l'AGRODIV Centre Industriel et Commercial de Baghlia de nous avoir acceptées au sein de cette entreprise. Aussi tout le personnel de laboratoire pour leur suivi et leur soutien le long de notre stage pratique.

Nous remercions tout le personnel de la pâtisserie Mama (REZZOUK) à Draa Ben Khedda qui a contribué à la réalisation de notre travail.

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

FAO : Food and Agriculture Organization

FB : Farine boulangère

FFAS : Fond Français pour l'alimentation et la santé

GH : Gluten Humide

GS : Gluten Sec

INRAA : Institut National de Recherches Agronomiques Algérien.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

kg/hl : kilogramme/hectolitre

MTQ : Matière Telle Quelle

PMG : Poids de Mille Grains

PHL : Poids à l'Hectolitre

PS : Poids Spécifique

Qx : quintaux

SDS : Sulfate Dodecyl de Sodium

SG : Semoule grosse

SGM : Semoule grosse moyenne

SSE : Semoule sassée super extra

SSSF (3SF) : Semoule super sassée fine

TA : Taux d'affleurement

TC : Taux de cendres

U.E : Union Européenne

U.S.D.A : United States Departement of Agriculture

Liste des figures

Figure 1 : Histologie du grain de blé.....	5
Figure 2 : Les catégories de semoule en Algérie	15
Figure 3 : La farine de blé dur.....	16
Figure 4 : AGRODIV/Complexe industriel et commercial de Baghlia	23
Figure 5 : Les ingrédients de la brioche	30
Figure 6 : Le pétrissage	31
Figure 7 : Les pâtons	32
Figure 8 : Le façonnage.....	32
Figure 9 : La cuisson	33
Figure 10 : Le test de dégustation	34
Figure 11 : Les morceaux de la brioche	34
Figure 12 : Histogramme de l'humidité moyenne de FB et 3SF	37
Figure 13 : Histogramme de la granulométrie e FB et 3SF	38
Figure 14 : Histogramme du taux moyen de cendres de FB et 3SF.....	39
Figure 15 : Histogramme de la teneur moyenne en gluten humide et sec de FB et 3SF.....	40
Figure 16 : Histogramme des volumes moyens de sédimentation.....	41
Figure 17 : Photos des quatre formulations de la brioche après cuisson.....	43
Figure 18 : Histogramme de la couleur de la croûte de la brioche.....	44
Figure 19 : Histogramme de la couleur de la mie de la brioche.....	45
Figure 20 : Histogramme de l'odeur de la brioche.....	46
Figure 21 : Histogramme de la texture de la brioche	46
Figure 22 : Histogramme du goût de la brioche.....	47

Liste des tableaux

Tableau I : Classification du blé dur.....	4
Tableau II : Composition chimique du grain de blé	6
Tableau III : Principales machines de nettoyage des blés	11
Tableau IV : La composition biochimique de la semoule	14
Tableau V : Récapitulatif de la composition physico-chimique d'une farine de blé dur	17
Tableau VI : Tableau récapitulatif des analyses effectuées sur le grain de blé dur.....	35

Sommaire

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Synthèse bibliographique

I-Généralités sur le blé dur

I.1-Historique 3

I.2-Origine 3

I.3-Description du blé dur 4

I.4-Classification botanique 4

I.5-Composition du grain de blé..... 5

 I.5-1-Composition histologique 5

 I.5-2-Composition biochimique 6

I.6-Allergie au blé..... 8

I.7-Production et consommation du blé dur dans le monde et en Algérie 8

II-Transformation primaire du blé dur

II.1-Technologie de transformation du blé dur 10

 II.1-1-Réception..... 10

 II.1-2-Pré-nettoyage..... 10

 II.1-3-Nettoyage 10

 II.1-4-Préparation des grains à la mouture 11

 II.1-5-Mouture 11

 II.1-6-Etapes de mouture 12

 II.1-7-Ensachage..... 13

II.2-Produits de mouture 13

 II.2-1-La semoule 13

II.2.1-1-Définition	13
II.2.1-2-Composition biochimique de la semoule	14
II.2.1-3-Classification de la semoule.....	14
II.2.1-4-Propriétés de la semoule.....	15
II.2-2-La farine de blé dur	16
II.2.2-1-Définition	16
II.2.2-2-Composition biochimique	16
II.2.2-3-Les propriétés physiques de farine du blé dur.....	18
II.2.2-4-Utilisation de la farine du blé dur.....	19

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1.Objectif	23
2.Plan de travail	24
2.1-Analyses physiques sur le grain du blé dur	24
2.2-Analyses physico-chimiques des produits de mouture (FB et 3SF)	26
2.3-Analyses technologiques des produits de mouture	29
2.4-Préparation de la brioche.....	30
2.5-Evaluation sensorielle de la brioche.....	33

Résultats et discussion

1.Résultats d'agrégation.....	35
2.Résultats des analyses physico-chimiques des produits de mouture (FB et 3SF).....	37
3.Résultats des analyses technologiques de FB et 3SF	40
4.Résultats de la préparation de la brioche.....	42
5.Résultats d'évaluation sensorielle de la brioche.....	44

Conclusion et perspectives.....	49
----------------------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Les céréales et leurs dérivés constituent les principales ressources alimentaires de l'humanité, en raison de leur source d'énergie et leur grande richesse en protéines. Principalement destinés à l'alimentation des humains (à hauteur de 75% de la production), les céréales assurent 15% des besoins énergétiques, elles servent également à l'alimentation animale (15% de la production) et à des usages non alimentaires (FEILLET, 2000).

En Algérie, les produits céréaliers, principalement le blé occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (AOUES *et al.*, 2017).

Selon la FAO, (2019), les terres annuellement emblavées pour le blé représentent 3,6 millions d'hectares. Les rendements en blé dur sont très bas et ne couvrent que 20 à 25% des besoins du pays comparativement à la moyenne mondiale. La cause principale d'une faible production de blé dur en Algérie est due à des contraintes abiotiques (pluviométrie surtout), biotiques (adventices, surtout) et humaines (itinéraires techniques appliqués etc....).

Le blé dur constitue un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales. Il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques de la population dans l'ensemble du pays. Si la production du blé dur s'est conventionnellement associée à la fabrication de la semoule et les pâtes alimentaires au niveau industriel, en milieu rural l'utilisation du blé dur dans la panification est une pratique courante. Environ 85 % de la production annuelle du blé dur est utilisée en panification (BOUJNAH *et al.*, 2004).

La mouture de blé dur produit non seulement de la semoule (produit noble), mais engendre aussi une production inévitable de sous-produit dénommé farine de blé dur ou la « 3SF », à des pourcentages non négligeables allant de 7 à 17% de la production totale. Pour des perspectives économiques, l'étude de l'utilisation des farines de blé dur dans la panification a fait l'objet de plusieurs recherches permettant de valoriser et améliorer la valeur commerciale et technologique du blé dur.

La farine de blé dur est utilisée comme complément dans l'alimentation du bétail. Bien qu'elle présente un intérêt nutritionnel et économique certain, aucune législation nationale ne couvre son utilisation à des fins de consommation humaine.

Dans ce contexte, notre travail a pour objectif de valoriser le sous-produit de la farine de blé dur (3SF) en l'incorporant dans la préparation de la brioche. Pour cela, des essais de panification ont été effectués à base des mélanges de la 3SF et la farine boulangère (FB) à

différents pourcentages. Ensuite, un test d'évaluation sensorielle a été réalisé pour apprécier l'acceptation des nouvelles formulations de brioches par le consommateur.

Synthèse bibliographique

I-Généralités sur le blé dur

Le blé est la céréale la plus produite et la plus consommée à travers le monde. La facilité avec laquelle il peut être produit (il s'adapte à des sols et des climats variés) et l'existence de variétés adaptées à différents milieux et résistantes à de nombreuses maladies permettent de cultiver le blé dans un large éventail de pays (BELHAMDI *et al.*, 2010).

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille de *Gramineae*. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) (FEILLET, 2000).

Le blé dur est généralement destiné à l'obtention d'une semoule, qui est utilisée elle-même pour la fabrication du pain ou de galette, de couscous et des pâtes alimentaires.

I.1-Historique

La domestication des plantes a commencé il y a plus de 9000 ans était le résultat d'une sélection qui a pris la forme d'un choix d'espèces, puis d'un choix de plantes. La sélection végétale a commencé lorsque l'homme a appris à choisir des plantes capables de le nourrir et de nourrir son bétail (ZAHOUR, 1992).

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'Homme, depuis plus de 7000 à 10000 ans avant J-C dans la région de croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée de Jourdain et les zones adjacentes de la Palestine, de la Jordanie, de l'Irak et la bordure Ouest de l'Iran (FELDMAN, 2001).

I.2-Origine

I.2-1-Origine génétique

Le blé dur est une espèce allo tétraploïde ($2n = 4x=28$) possédant 7 paires de chromosomes homéologues associées à deux génomes différents A et B. Le génome A vient du blé sauvage *Triticum urartu* Tum, plus connu sous le nom einkorn (*Triticum monococcum*) de constitution génomique diploïde AA. Par contre, le génome B vient de l'espèce sauvage, diploïde, *Aegilops speltaoides* Tausch (SCHUHWERK *et al.*, 2011).

I.2-2-Origine géographique

Le Moyen-Orient est le centre géographique d'origine où coexistent les espèces parentales et où se rencontrent de nombreuses formes de blé dur. C'est à partir de cette zone d'origine que l'espèce s'est différenciée dans trois centres différents ; le bassin occidental de

la Méditerranée, le Sud de l'U.R.S.S et le Proche Orient. Chaque centre de différenciation donne des groupes de variétés à caractères morphologiques et physiologiques particuliers (GRIGNAC, 1978).

I.3-Description du blé dur

Le blé dur est une plante herbacée monocotylédone, appartenant à l'espèce *Triticum durum* de la famille des graminées. Le grain de blé est un fruit sec, indéhiscent (fruit qui ne s'ouvre pas à maturité) dont la paroi est adhérente au tégument de l'unique graine qu'il renferme (FEILLET, 2000).

Le blé dur se distingue par plusieurs caractéristiques physiques telles qu'une forme du grain plus allongée, une couleur ambrée et surtout par une amande de texture très vitreuse et résistante au broyage (FRANCONIE et *al.*, 2010).

I.4-Classification botanique

Selon DHALGREN et CLIFFORD, 1985, la classification du blé dur est comme indiquée dans le tableau ci-dessous :

Tableau I : Classification du blé dur (DHALGREN et CLIFFORD, 1985).

Embranchement	Phanérogames
Sous/ Embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumifloales
Famille	Gaminée
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum. Sp.</i>

I.5-Composition du grain de blé

I.5-1-Composition histologique

Selon FEILLET, 2000, un grain du blé est formé de 3 régions (**figure 1**) :

L'albumen, constitué de l'albumen amylicé et de la couche à aleurone (80-85% du gluten).

Les enveloppes de la graine et du fruit, formées de six tissus différents ; épiderme du nucelle, tégument séminal ou test (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellule croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%).

Le germe (3%), composé d'un embryon et du scutellum. Comparativement à d'autres céréales, du maïs et du riz en particulier, le grain de blé possède un sillon résultant d'une invagination des téguments vers l'intérieur du grain, sur toute sa longueur et du côté du germe ; les faisceaux nourriciers de la graine au cours de son développement sont localisés au fond de ce sillon. Sa présence détermine la manière dont s'opère la séparation de l'albumen et des enveloppes pour extraire les farines.

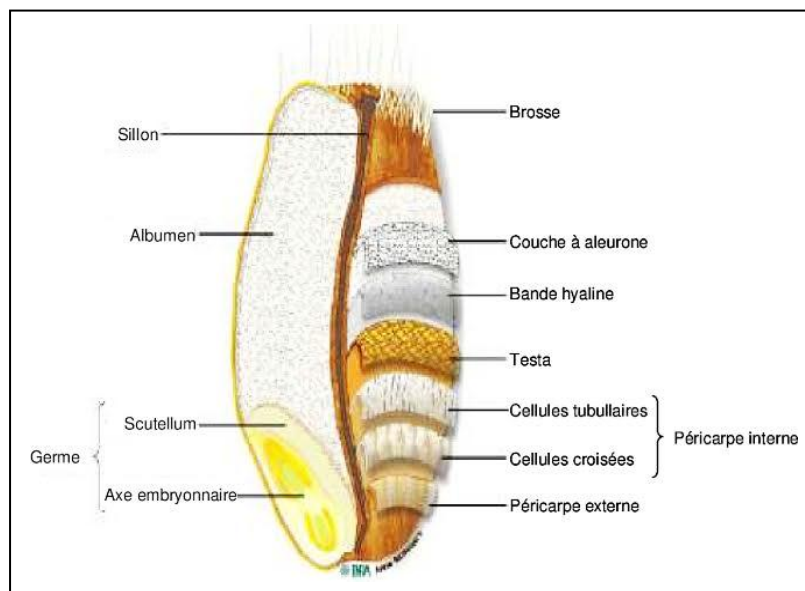


Figure1 : Histologie du grain de blé (SURGET et BARRON, 2005).

I.5-2-Composition biochimique

Le grain de blé se compose principalement des glucides (65-75% amidon et fibres), des protéines (7-12%), des lipides (2-6%), de l'eau (12-14%) et des micronutriments (HEMERY et *al.*, 2007). Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain (**tableau II**).

Tableau II : Composition chimique du grain de blé (ABECASSIS, 2015).

Tissus Constituants(%)	Grain entier	Péricarpe	Couche à aleurone	Albumen amylacé	Germe
Protéines	14,0	8,5	28,2	12,0	30,5
Lipides	2,1	0	9,4	1,6	11,8
Amidon	68,8	0	0	82,0	0
Sucres réducteurs	2,3	0	0	1,6	30,5
Pentosanes	7,7	40,5	45,2	1,4	7,5
Cellulose	2,7	45,0	4,1	0,3	2,3
Minéraux	1,9	5,9	12,0	0,6	6,2

Les glucides

C'est le premier constituant du grain de blé. Ils sont représentés essentiellement par l'amidon, environ 60 à 70% de la matière sèche du grain ainsi que d'autre pentoses et matières cellulosiques concentrées dans les enveloppes (PATRICK, 2006).

L'amidon

Est un sucre complexe, rassemblé sous forme de granules sphériques ou lenticulaires de 1 à 40 µm de diamètre (BENAMOR, 2007). C'est l'élément de réserve de grain, il se trouve en grande quantité dans l'albumen environ 82% de la matière sèche de la farine ou de la semoule (BOUDREAU, 1992).

L'eau

Les blés sont particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est d'environ 10-14% (GODON, 1998).

Les protéines

C'est le deuxième constituant du grain, sa teneur varie entre 10 et 12,5% de la matière humide. Il s'agit essentiellement de polymères d'acides aminés de poids moléculaire relativement élevé (plus de 70.000 Daltons) et constituées d'une cinquantaine d'éléments classés d'après leurs propriétés de solubilité comme les albumines (solubles dans l'eau), les globulines (solubles dans une solution saline diluée) les gliadines (insolubles dans l'eau), les glutines (insolubles dans l'eau) et enfin le gluten. Ce dernier est formé par l'association de gliadines et de glutines, se présente sous la forme d'une gomme douée de propriétés viscoélastiques (BENAMOR, 2007).

Les lipides

Ils représentent 3% du poids sec du grain de blé, ils sont localisés essentiellement dans le germe et l'assise protéique (DACOSTA, 1986).

Les principales matières grasses du blé sont des acides gras (acide palmitique, stéarique, oléique, linoléique, linolénique), des glycérides simples (triglycérides, des mono et di glycérides), des glycolipides (galactoglycérides et des phospholipides (FEILLET, 2000).

Les matières minérales

Sa teneur varie entre 1,2 et 2,2% du grain total, sont surtout concentrées dans les enveloppes et le germe et sont constituées de potassium, phosphore, soufre et magnésium (GRIGNAC, 1978).

Les vitamines

Sont présentées à des très faibles quantités, elles s'expriment en milligrammes pour 100 grains. Le grain du blé est riche en vitamine B1 (thiamine), vitamine B2 (riboflavine) et en vitamine PP (niacine) (BENAMOR, 2007).

I.6-Allergie au blé

L'allergie alimentaire en général se caractérise par une hypersensibilité spécifique envers des substances étrangères à l'organisme. Une consommation répétée d'un aliment ou de ses constituants provoque une réaction antigènes-anticorps.

L'allergie alimentaire au blé peut être :

- La sensibilité au blé lui-même, impliquant des inhibiteurs de l'albumine de l'alpha-amylase
- La sensibilité au gluten de blé implique la gliadine, (le blé contient au moins 27 composants allergéniques dont la gliadine et la gluténine qui compose le gluten (SOTKOVSKY *et al.*,2011). 4 à 8% de la population mondiale déclare suivre un régime sans gluten et 26% déclare essayer d'éviter le gluten sans avis médicale (FFAS, 2016).

Les symptômes d'allergie à la fois pour le blé et le gluten, sont les suivants :

- La peau (dermatite atopique, urticaire localisé ou généralisée, érythème et l'eczéma), surtout chez les enfants.
- Respiratoire (asthme, des démangeaisons, le gonflement par la bouche).
- Parfois, être un symptôme de l'appareil digestif (vomissement, diarrhée et douleurs abdominales) (SAADOUN *et al*, 2002).

I.7-Production et consommation du blé dur dans le monde et en Algérie

I.7-1-Dans le monde

La récolte 2020 de blé dur de l'UE a atteint 7,33 Mt, contre 7,47 Mt l'année précédente, un niveau proche de 2014. Alors que les surfaces sont restées quasi stables, la forte baisse des rendements, notamment en France (repli de 1 t/ha), a conduit à des résultats médiocres des récoltes dans la plupart des pays de l'UE. Seule l'Espagne a enregistré des volumes de production nettement supérieurs, avec 0,82 Mt (+ 16 %) grâce à des rendements plus élevés dus à un hiver un peu sec mais des conditions printanières humides. L'Italie n'a enregistré qu'une faible augmentation de production (0,9%) sur un an, avec 3,88 Mt, notamment en raison de mauvaises conditions de développement, en particulier dans le sud du pays. La région des Pouilles a été très touchée par les gelées de fin d'hiver et par la sécheresse, réduisant fortement les rendements enregistrés.

La Grèce a produit 0,68 Mt, soit un volume proche de la récolte 2019.

En Europe centrale, et particulièrement en Hongrie, la baisse de la production est imputable à des réductions de surfaces. La pluviométrie excessive en hiver a limité les possibilités de semis du blé dur. La Bulgarie, la Roumanie et la Hongrie ont souffert d'un manque de pluviométrie réduisant le potentiel de rendement. En revanche, l'Allemagne voit une hausse de sa production de blé dur sur un an grâce à de bons rendements (5,24 t/ha contre 4,92 t/ha en 2019) (AVELIN, 2020).

La production mondiale de blé dur de la campagne 2020 /2021 est estimée en hausse de 0,6% par rapport à 2019/2020, grâce à des récoltes volumineuses au Canada, en Australie, en Syrie et en Turquie. La récolte mondiale 2020 est estimée à 33,8 Mt.

La Canada : La production canadienne de blé dur a augmenté de 32% par rapport à 2019-2020 pour s'établir à 6,57 Mt. Cette progression est attribuable à l'augmentation des superficies ensemencées et récoltées et à une amélioration des rendements de 5%.

Les États-Unis : Les dernières estimations de production de blé dur de l'USDA s'établissent à 1,9 Mt, soit une progression de 30 % par rapport à la précédente récolte, résultat d'une forte hausse des surfaces consacrées au blé dur.

L'Australie : 0,9 Mt (0,2 Mt en 2019/20) grâce à d'excellentes conditions de culture;
La Turquie : 3,4 Mt (3,2 Mt en 2019/20) grâce à une augmentation des surfaces et à l'amélioration des rendements (AVELIN, 2021).

I.7-2-En Algérie

D'après la FAO, la production céréalière totale en Algérie en 2021 est estimée à 3,5 Mt, ce qui est inférieur à la moyenne quinquennale et environ 3% de moins que l'année précédente.

Selon un rapport coproduit par le Global Agricultural Information Network (GAIN, réseau mondial d'information agricole) et le ministère américain de l'Agriculture (2020-2021), la consommation de blé en Algérie était de 11,37 Mt entre juillet 2020 et juin 2021.

II-Transformation primaire du blé dur

II.1-Technologie de transformation du blé dur

II.1-1-Réception

La réception des lots de blé dur comporte une étape de contrôle systématique visant l'agrégage de ces lots. L'agrégage permet de détecter les contaminations biologiques dues à la présence d'insectes et/ou de rongeurs, les contaminations chimiques résultant d'un traitement insecticide récent, et les contaminations microbiologiques (présence de blés moisis, ...), il est effectué par une analyse visuelle et olfactive (SIFPAF, 2012).

II.1-2-Pré-nettoyage

Cette étape commence par un passage des blés sur des grilles pour retenir les plus gros corps étrangers. C'est un nettoyage par voie mécanique sèche (criblage et aspiration) vise à éliminer les grosses impuretés (pailles, grosses pierres, ...), la poussière et les insectes (SIFPAF, 2012).

II.1-3-Nettoyage

C'est une étape où s'effectue la plus importante tâche ; l'obtention d'une masse de grains très propre et qui ne contient pas d'impuretés (FEILLET, 2000).

Selon GODON, 1998, les principaux objectifs de nettoyage sont :

- Enlever les graines noires et colorés pour limiter le nombre de piqures au minimum ;
- Enlever toutes les pierres de manière à éviter la présence de débris minéraux dans les semoules ;
- Eliminer les graines toxiques et nuisibles ;
- Enlever les insectes et les fragments d'insectes ;
- Réduire le nombre de contaminants microbiens ;
- Eliminer, enfin, tout produit autre que les graines.

Les principales machines de nettoyage sont énumérées dans le tableau suivant :

Tableau III : Principales machines de nettoyage des blés (FEILLET, 2000).

Type de machine	Principe physique	Impuretés éliminées
Aiment	Champ magnétique	Métaux
Aspirateur	Densité et résistance à l'air	Pailles, glumes
Nettoyeur- séparateur et trieur	Forme et dimension Densité	Grosses et petites impuretés
Epierreur	Nettoyage en surface	Pierres
Brosse, époinçuse, lavage	Densité	Poussières
Table densimétrique	Force centrifuge	Pierres, blés ergotés
Toboggan	Couleur	Petites graines
Trieur de couleur		Grains avariés

II.1-4-Préparation des grains à la mouture

La préparation des grains à la mouture appelée aussi « mouillage et repos » a pour but de faciliter la séparation de l'amande du grain d'enveloppe (SIFPAF, 2012). La préparation se fait en 2 étapes :

Un mouillage : le grain est humidifié jusqu'à 16 ou 17% (dont au début est de 11 ou 12%). Cette opération se fait par un additionnement d'une quantité d'eau au blé (DOMANDJI et al., 2000), essentiellement par pulvérisation. Suivi d'un repos ou un conditionnement à une durée de 9 à 10 heures mais ne doit pas dépasser 48 heures (FEILLET, 2000).

Les objectifs

- Assouplir les enveloppes afin d'éviter leur fragmentation et de faciliter leur séparation,
- Réduire la dureté de l'albumen pour éviter que les granules d'amidon soient endommagés lors de la mouture,
- De conserver la valeur des semoules.

II.1-5-Mouture

C'est une opération centrale de la transformation des blés, consiste à séparer l'albumen des enveloppes et du germe, en évitant toute contamination, avec le meilleur rendement possible et à moindre coût, tout en maîtrisant les propriétés d'utilisation des produits obtenus (FEILLET, 2000).

II.1-6-Les étapes de la mouture

➤ **Le broyage**

Constitue la première phase de la mouture. Le blé est placé dans des broyeurs à cylindres cannelés permettant un broyage progressif de façon à extraire la semoule en coupant l'enveloppe au minimum et en produisant un minimum de farine (SIFPAF, 2012).

➤ **Le blutage**

C'est le classement des produits de mouture en fonction de leur granulométrie. L'opération est réalisée dans des planchisters, appareils formés d'un assemblage de tamis superposés et soumis à un mouvement rotatif et de va et vient permanent sous l'action d'un moteur excentrique (FEILLET, 2000).

➤ **Sassage**

Le sassage est une opération déterminante de la mouture du blé dur car : « En semoulerie, c'est le tamis du sasseur qui livre la marchandise au client ». Les semoules sont maintenues en suspension par un courant d'air ascendant au-dessus de tamis dont la largeur de mailles diminue au fur et à mesure de la progression des semoules. Celle-ci étant assurée par l'inclinaison et le mouvement de va-et-vient des tamis. La ségrégation des semoules repose sur leurs différences de densité et de propriétés aérodynamiques (GODON et WILLM, 1998).

➤ **Desagréageage**

Le desagréageage concerne les semoules qui ne sont pas acceptés comme produit fini en raison de leur pureté insuffisante. Ces produits sont constitués à la fois d'une partie d'amande et d'une autre enveloppe. Si la quantité d'amande prédomine on parle de semoule "vêtue", si c'est l'inverse il s'agira de "refus" (GODON et WILLM 1998).

Cette opération est réalisée par des désagréageurs, se sont des appareils à cylindres munis de très fines cannelures qui ont pour but, de rebroyer les semoules vêtues et d'éliminer les fragments de son qui adhèrent à l'amande (ABECASSIS, 1991), afin de fournir des semoules pures.

➤ **Convertissage**

En semoulerie, le convertissage est une opération secondaire. Elle a pour but de récupérer les farines basses à partir des produits résiduels contenant encore des traces d'amande, mais qui ne peuvent plus donner de semoules.

Les convertisseurs sont les seuls appareils qui peuvent être munis de cylindres lisses. En général deux passages suffisent pour cette opération (GODON et WILLM, 1998).

II.1-7-Ensachage

Les produits finis vont être conditionnés dans des emballages à l'aide d'une balance qui pèse des quantités selon le type de conditionnement. Ces derniers sont ensuite destinés à la commercialisation.

Le diagramme de mouture de blé dur est illustré dans **annexe I**.

II.2-Produits de la mouture

Après la mouture de blé dur, trois principaux produits sont obtenus :

- **La semoule** : représente le produit noble d'une semoulerie (FEILLET, 2000) ;
- **La semoule super sassée fine (SSSF)** : la farine de blé dur (grau D) est considérée d'un point de vue réglementaire un sous-produit de mouture (ABECASSIS, 1987) ;
- **Les sons** : la finesse des enveloppes de blé dur conduit à la formation de sons beaucoup moins larges que ceux de blé tendre. Les sons sont récupérés à la fin de broyage (gros sons) ou à partir des désagrégeurs et parfois des sasseurs (fin sons) (ABECASSIS, 1987).

II.2-1-La semoule

II.2.1-1-Définition

La semoule - du latin *simila* fleur de farine - est un produit alimentaire plus ou moins granuleux, de couleur ambrée, extrait exclusivement des blés durs par une mouture industrielle spéciale dite "semoulerie". Suivant qu'elles proviennent du centre ou de la périphérie de l'amande, les semoules ont des différences de composition chimique (cendres, matières azotées) (SIFPAF, 2012).

La semoule représente le produit noble d'une semoulerie, correspond aux fragments d'amande dont la granulométrie est supérieure à 150µm (FEILLET,2000).

Selon le Codex alimentarius, la semoule de blé dur est le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum* Desf) par procédés de mouture ou de broyage au cours desquels le son et le germe sont essentiellement éliminés, le reste étant broyé à un degré de finesse adéquat (Codex Alimentarius Standard, 178-1991).

II.2.1-2-Composition biochimique de la semoule

La semoule est issue de l'endosperme amylicé (albumen) de grain de blé dur. La composition biochimique de la semoule (**tableau IV**) dépend du taux d'extraction et revêt une grande importance pour les pastiers qui préfèrent la semoule issue de blé dur sain et vitreux, de granulométrie homogène (200 à 400 µm), de couleur uniforme, un gluten court et résistant et un minimum de piqures (BOUDREAU et MATSUA, 1992).

Tableau IV : La composition biochimique de la semoule (BOUDREAU, 1992).

Composition	Taux en %
Amidon	60-80
▪ Amylose	20-30
▪ Amylopectine	60-70
Pentosanes	7-8
Protéines	8-16
▪ Protéines solubles (albumines et globulines)	15-20
▪ Protéines insolubles (protéines de gluten)	80-85
Lipides	1-2
▪ Lipides libres	60
▪ Lipides liés	40
Matières minérales	0,87-1,20
▪ Potassium	0,45
▪ Phosphore	0,3
▪ Magnésium	0,14
Vitamines	8,64
▪ B1	0,52
▪ B2	0,12
▪ Pp	6
▪ E	2

II.2.1-3-Classification de la semoule

D'après APFELBAUM et *al.*, (1981) ; ABECASSIS (1991), JORA (2007) ; les semoules peuvent être classées en fonction de leur provenance au niveau du grain de blé dur et de leur granulométrie.

En fonction de la provenance de la semoule on peut distinguer :

- **Semoule supérieure** : Elle provient de la partie centrale de l'amande de grain de blé dur et a un faible taux de matières minérales.
- **Semoule courante** : Elle contient plus de parties périphériques et a un plus fort taux de matières minérales.

Selon BENBELKACEM (1995), les différentes semoules commercialisées en Algérie (**figure 2**) sont classées comme suit :

Semoules grosses (SG) : la taille des particules est supérieure à 800 μ m. Elles sont destinées aux usages domestiques. Cette semoule est utilisée dans la fabrication du couscous de type gros ;

Semoules grosses moyennes (SGM) : la dimension est comprise entre 500 et 800 μ m. Elles sont vendues en l'état pour l'utilisation ménager (couscous, galettes) ;

Semoules sassées super extra (SSSE) : une granulométrie comprise entre 150 et 500 μ m. Elles sont destinées à la fabrication des pâtes alimentaires industrielles.



Figure 2 : Les catégories de semoule en Algérie.

II.2.1-4-Propriétés de la semoule

La couleur est l'un des principaux facteurs influençant la qualité du blé dur et le choix du consommateur. La couleur jaune ambré est due essentiellement à la présence des pigments caroténoïdes et les lipoxygénases responsables de la dégradation de ces pigments au cours de la transformation de la semoule (BORRELLI *et al.*, 2008).

La semoule ne doit présenter aucune odeur particulière, car il existe des semoules présentant une odeur acide et un goût de rance, ce qui influe sur la qualité des produits finis.

La granulométrie des semoules varie en fonction des marchés et des usages locaux (GODON et WILLM, 1998).

D'après JEANTET *et al.*, 2007 on a :

- Semoules grosses > 530 μ m (ouverture du tamis) ;
- Semoules moyennes 250 à 530 μ m ;
- Semoules fines 140 à 250 μ m.

Les semoules très pures, provenant du centre de l'albumen, possèdent de bonnes propriétés rhéologiques (en particulier d'élasticité) (ABECASSIS, 1991).

II.2-2-La farine de blé dur

II.2.2-1-Définition

Selon le Codex alimentarius, la farine de blé dur est un produit amylicé et glutineux élaboré à partir des grains de blé dur par procédés de mouture industrielle (Codex Stan, 178-1991).

La farine du blé dur appelée aussi « gruau D » est considérée au point de vue réglementaire un sous-produit de semoulerie caractérisée par une granulométrie inférieure à 180 μ m (ABECASSIS, 1991).

Les gruaux D, correspondent à la partie la plus « noble » des coproduits de blé dur et sont spécifiques au process semoulier. Ils correspondent aux farines basses du blé dur.

La figure ci-dessous représente la farine de blé dur :



Figure 3 : La farine de blé dur.

II.2.2-2-Composition biochimique

Les glucides

Dans le grain de blé il existe près de 70% d'amidon et de 2% de sucres solubles. Selon BOYACIOGLU et D'APPOLONI (1994), ces sucres solubles sont plus abondants chez la farine de blé dur que la farine de blé tendre, cette différence proviendrait de quantités élevées

d'amidon endommagé. Cette teneur élevée est due à la dureté et à la structure vitreuse du blé dur, qui requiert d'énergie pour être écrasé.

Selon POMERANZ (1983), le rôle de l'amidon endommagé est très important en panification et pastification.

Les pentosanes représentent 6 à 8% du grain et 2 à 3% de la farine de blé tendre (FEILLET, 2000). Selon BOYACIOGLU et DAPPOLONIA (1994), la quantité de pentosanes contenus dans la farine de blé dur est similaire à celle des farines de blé tendre.

Les protéines

POMERANZ (1983), a montré que les farines de blé dur renferment entre 9 et 15% de protéines et que ces valeurs extrêmes peuvent être retrouvées chez les farines de blé tendre.

Sont le deuxième constituant principal après l'amidon, elles représentent une teneur qui varie entre 9 et 15% pour les farines de blé dur (FEILLET, 2000).

Les lipides

La quantité de matière grasse présente dans la farine est fortement influencée par l'origine histologique et le taux d'extraction. Avec le même taux d'extraction, les farines de blé dur sont plus riches en lipides que les semoules, retrouvées à un taux variant de 1.5 à 2% dans la farine de blé dur (ABECASSIS, 1987).

L'eau

BOUGHAZI (1990), considère que la détermination de la teneur en eau est importante, puisqu'elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche et d'autre part celle de la mise en œuvre des tests technologiques.

La norme Codex (178-1991) exige des teneurs en eau de farine de blé dur qui ne dépassent pas 14,5% de matière humide.

Les matières minérales

Selon Feuillet (2000) les produits de mouture issue de la farine de blé dur sont plus riches en cendres.

BOYACIGLU et DAPPOLONIA (1994), montrent que le taux de cendres est élevé dans les farines de blé dur (supérieur à 1,4%).

La norme Codex (178-1991) fixe la valeur limite des matières minérales à 1,75% MS.

Le tableau ci-dessous récapitule la composition chimique de la farine de blé dur,

Tableau V : Récapitulatif de la composition physico-chimique d'une farine de blé dur
(BOYACIAGLU et DAPPOLONIA, 1994).

Composition chimique de la farine de blé dur	
Cendres (% ms)	0,86
Pentosanes (% ms)	1,70
Gluten sec (% ms)	14,50
Gluten humide (% ms)	42,90
Amidon total (% ms)	72,40
Sucres total (% ms)	3,00
Amidon endommagé (% ms)	14,57
Protéine (% ms)	15,00

II.2.2-3-Les propriétés physiques de farine du blé dur

Couleur

La farine de blé dur est de couleur jaune ambré, due à la présence de pigments caroténoïdes de blé dur (carotènes, xanthophylles).

Pureté

C'est le taux de contamination de produit de l'albumen par des produits issus des enveloppes, de la couche à aleurone et du germe (ABECASSIS, 1996). L'augmentation du taux d'extraction provoque un accroissement de la teneur en protéines, en fibres et en matières minérales des produits, cette augmentation ne peut donc qu'être favorable sur le plan nutritionnel (ABECASSIS et FEILLET, 1985).

Granulométrie

Elle présente des particules plus sphériques que la farine de blé tendre, cette particularité est due en partie à l'absence de l'action de convertisseurs.

Selon QUAGLIA (1988), la farine de blé dur se caractérise par une granulométrie variante entre 120 et 190µm.

Caractéristiques plastique

Comparée à la farine de blé tendre, la farine de blé dur présente une teneur plus élevée en gluten mais de caractéristiques rhéologiques inférieures (LIU *et al.*, 1996).

Selon KITISSOU (1995), la ténacité élevée de la farine de blé dur peut être due à :

- La granulométrie des particules de farine ;
- La teneur élevée en amidon endommagé et en pentosanes ;
- La richesse en particules de son.

Selon La norme Codex Stan (178-1991) pour la semoule et la farine de blé dur, la semoule de blé dur et la farine de blé dur, ainsi que tous les produits nutritifs leur étant ajoutés doivent être saines et propres à la consommation humaine. Ils doivent être totalement exempts d'odeurs, de goûts anormaux, d'insectes vivants ainsi que de souillures en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé.

III.2.2-4-Utilisation de la farine du blé dur

Selon l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA, 2015), la farine de blé dur peut être utilisée en panification du moment qu'elle apporte plusieurs avantages nutritionnelles (micronutriments et fibres solubles).

Selon ABECASSISS, 2015, elle peut être aussi utilisée dans plusieurs recettes en raison de ses avantages :

➤ **La Pâte à Pizza**

- Diminution du temps de pétrissage ;
- Amélioration de la tenue dans le temps de la pâte ;
- Couleur jaune ;
- Imperméabilité de la pâte à la garniture améliorée.

➤ **La Viennoiserie**

- Diminution de 8 à 12% du beurre de tourrage ;
- Amélioration du laminage ;
- Feuilletage jaune prononcé, permet de supprimer les colorants beurre et autres

additifs.

➤ **Les Biscuits**

- Améliore la tenue et supprime le rétreint au four.

➤ **La Brioche**

• Mie jaune très prononcée, permettant de supprimer les colorants beurre et le jaune d'œuf (pour la couleur).

Plusieurs études relatives à l'utilisation du blé dur en panification ont été faites (DEXTER et *al.*, 1981 ; QUICK et CRAWFORD, 1983 ; JOSEPHIDES et *al.*, 1987 ;

LOPEZ-AHUMADA et *al.*, 1991 ; BOYACIOGLU et DAPPOLONIA, 1994 ; PENA et *al.*, 1994 ; DEXTER et *al.*, 1994 ; BOGGGINI et *al.*, 1995 ; HARELAND et PUHR, 1999).

La plupart de ces études ont rapporté que le blé dur donnait des pains de faible volume et de mauvaises performances à la cuisson. L'amélioration de cette dernière peut se faire en réalisant des mélanges entre blé dur et blé tendre (DEXTER et MARCHYLO, 2000).

Partie expérimentale

I-Matériel et méthodes

1.L'objectif du travail

De plus en plus le consommateur demande des produits de meilleure qualité à moindre coût.

L'objectif de ce travail, consiste en un essai de valorisation d'un sous-produit issu de broyage de blé dur, c'est : « la farine de blé dur » ou « farine sassée super fine » ou « la 3SF » ; en l'incorporant dans la fabrication de la brioche, qui est préparée à base de la farine boulangère, qu'on nomme FB.

Pour cela, on a préparé quatre formulations de recette à partir de farine boulangère et de farine de blé dur selon les pourcentages suivants :

- 100% farine boulangère (A) ;
- Mélange de 75% de FB +25% de 3SF (B) ;
- Mélange de 50% de FB +50% de 3SF (C) ;
- Mélange de 25% de FB +75% de 3SF (D).

Ce travail a été réalisé au niveau de :

- Laboratoire d'auto contrôle de l'ERAD Baghlia (Boumerdes), pendant 15 jours ;
- Laboratoire de microbiologie, département d'agronomie de la faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques de l'UMMTO, pendant 2 jours ;
- Pâtisserie « Mama » à Draa Ben Khedda wilaya de Tizi Ouzou, pendant 15 jours.

❖ Présentation de l'entreprise AGRODIV

L'unité AGRODIV de Baghlia se trouve dans la zone industrielle route de Naceria, commune de Baghlia à l'est de wilaya de Boumerdes, créée en 1982, dirigé par HOLDING AGRODIV, elle est spécialisée dans la production, transformation et conditionnement des produits de mouture du blé (semoule et farine).

AGRODIV est aujourd'hui a même pu répondre autant qu'en quantité de fournir des semoules et des farines et même de sous-produits pour l'alimentation de bétail à partir du blé sain, d'origine et de provenance identifiées.

Cette entreprise dispose de 3 blocs :

- Bloc administratif.
- Service commercial.

- Bloc de réception composé de 4 sections :
 - Service de réception, stockage et nettoyage de blé ;
 - Section mouture composée de 2 moulins (moulin 1 : minoterie/semoulerie, moulin 2 : semoulerie) ;
 - Section de conditionnement et de stockage des produits finis ;
 - Service de laboratoire de contrôle de qualité.

Fiche technique

Dénomination	Complexe industriel et commercial de Baghlia
Siège social	Zone industrielle route de Naceria, Baghlia, willaya de Boumerdes
Tél	024 76 00 02
Fax	024 76 00 03
Email	Cis_baghlia@agrodiv.dz
Date de mise en service	Moulin 1 : 1982, Moulin 2 :1996
Activités principales	Production, commercialisation de semoule et farine, sous-produit : (son gros et sssf)
Capacité globale de production	M1 : minoterie :1200 Qx/24h semoulerie :1000 Qx/24h M2 :4000 Qx/24h
Capacité de stockage	125000 Qx
Capacité de trituration	Minoterie : 1000 Qx/j Semoulerie : 4000 Qx/j
Type de conditionnement	01Kg-05Kg-10Kg-25Kg-50Kg



Figure 4 : AGRODIV/Complexe industriel et commercial de Baghlia.

❖ **Présentation de la pâtisserie Mama**

Siege social	DBK wilaya de Tizi ouzo
Création	1983
Propriétaires	Famille REZZOUK
Nombre d'employeurs	environ 6
Jours de travail	Tous les jours
Produits	Pâtisserie Viennoiserie Pizza

2.Plan de travail

Afin d'atteindre notre objectif, nous avons suivi la démarche expérimentale suivante :

- Récupération de la farine boulangère à partir de mouture du blé tendre et de la 3SF à partir de mouture de blé dur importé (Russie), au niveau du complexe AGRODIV

Les échantillons de 3SF et de FB prélevés ont été conservés à température ambiante au niveau de laboratoire dans des sacs en papier agrafés.

- Des analyses physico-chimiques et technologiques ont été réalisées sur le blé dur, la FB et la 3SF, dont on a effectué 3 essais pour chaque analyse.
- Des essais de pastification ont été ensuite faits au niveau du laboratoire de la pâtisserie « Mama » à partir des trois mélanges préparés à base de FB et de 3SF, selon les pourcentages cités plus haut.
- Enfin une analyse sensorielle a été faite sur la brioche (couleur, odeur, goût et texture) par un panel de dégustateur afin de remplir des fiches d'évaluation (**annexe II**).

Le matériel qu'on a utilisé dans notre étude est illustré dans **annexe III**.

2.1-Analyses physiques sur le grain du blé dur (l'agréage)

L'agréage est une étape primordiale dans le processus de transformation du blé où la conformité et la qualité de produit fini dépend de ses résultats.

A. Poids spécifique PS (poids à l'hectolitre PHL) (NF V 03-707 et ISO 712)

La masse volumique dite masse à l'hectolitre, appelée communément poids spécifique (PS), est la masse d'un hectolitre de grains exprimée en kg. Elle est considérée comme un indicateur de la valeur semoulière en relation avec le rapport enveloppe sur amande. Plus le poids à l'hectolitre est élevé, plus le rapport enveloppes sur amande est faible et le rendement semoulier important. La valeur minimale pour la mise à l'intervention est de 78 kg/hl.

➤ **Principe**

Remplissage d'une « NILEMA-LITRE » d'1 litre des grains de blé dur ; à l'aide d'un raseur on rase l'excès du blé dur ; on ouvre le clapet puis on pèse le contenu.

Les résultats sont exprimés en gramme/litre on va les convertir en kg/Hectolitre à l'aide d'une table correspondante (**annexe IV**).

B. Poids de milles grains (PMG)

La détermination du poids de 1000 grains est réalisée selon la norme AFNOR N.F. V03-702 de décembre 1981. C'est la masse (en grammes) de 1000 grains entiers comptés à l'aide d'un compteur de grains NUMIGRAL.

➤ **Principe**

Cette méthode repose sur la pesée et le comptage automatique ou manuel du nombre de grains entiers contenus d'une prise d'essai de masse connue.

C. Elimination des impuretés (NF V 03 - 708)

La recherche des impuretés est l'opération qui a pour but de séparer, de classer et de peser les différentes impuretés contenues dans un échantillon (GODON et LOISEL, 1997).

➤ Principe

30 g de chaque échantillon de blé fermenté ont été pesés, les impuretés ont été ensuite éliminées puis pesées (MAUZE et *al*, 1972). Le taux d'impuretés est déterminé par la formule suivante :

$$M (\%) = (m1 / m) \times 100$$

m : masse en gramme de l'échantillon pour essai.

m1: masse en gramme des impuretés de grains.

▪ Grains métadinés

Pour le blé dur dès qu'une partie du grain montre une zone, même minime, blanche, farineuse, le grain est dit métadin. Pour déterminer le taux de métadinage on suivra la méthode normalisée AFNOR V03.705 (déc.1981) ou ISO 5532, ou l'on sépare les grains visuellement farineux et où l'on donne le pourcentage en masse.

▪ Grains mouchetés

Les grains mouchetés sont des grains qui présentent, à d'autres endroits que sur le germe même, des colorations situées entre le brun et le noir brunâtre (SCOTTI et MONT, 1997).

▪ Grains échaudés

Sont les grains qui, après élimination de tous les autres éléments de l'échantillon, passent par des tamis à fentes de dimension de 1,9µm pour le blé dur (SCOTTI et MONT, 1997).

▪ **Grains vêtus ou nu**

Pour le blé, on parle de « grains nus ». Cela signifie qu'il a perdu ses enveloppes (glumes et glumelles) lors du battage à la moisson. On doit utiliser une décortiqueuse pour retirer l'enveloppe impropre à la consommation.

Les impuretés éliminées sont ensuite pesées. Le taux d'impuretés est déterminé par la formule suivante :

2.2- Analyses physico-chimiques des produits de mouture (FB et 3SF)

Les mêmes analyses physico-chimiques ont été faites sur les deux produits de mouture de blé (FB et 3SF).

A. L'humidité (teneur en eau)

La teneur en eau est déterminée selon la norme AFNOR N.F. V03-707 de juin 1989 (AFNOR 1991).

Pour mesurer l'humidité on utilise : dessiccateur, étuve, balance analytique et une nacelle.

Mode opératoire

-Peser la nacelle vide et noter la valeur affichée V1.

-Peser 5g de l'échantillon dans la nacelle.

-Mettre l'échantillon dans l'étuve à 130°C pendant 1h30min.

-Après 1h30min on met l'échantillon dans le dessiccateur pour refroidir puis on pèse et on note la valeur V2.

-Le taux en humidité (H) est exprimé en grammes pour 100 g de produit. Il est déterminé par la formule suivante :

$$H\% = \frac{(V1+5) - V2}{5} \times 100$$

H% : le taux d'humidité.

V1 : le poids de nacelle vide en (g).

V2 : le poids de nacelle après la sortie de l'étuve en (g).

B. La granulométrie (taux d'affleurement TA)

C'est la quantité de semoule ou de farine extraite ou refusée par un tamis dont les ouvertures de mailles sont choisies en fonction de la finesse du produit.

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

Pour la granulométrie on utilise un tamiseur ROTEX et un tamis (155µm pour la FB et la3SF).

➤ **Mode opératoire**

-Peser 50g de la farine de blé dur dans une balance.

-Mettre dans un tamis puis dans le tamiseur ROTEX pendant 5 à 10 min.

Les quantités des produits extraites sont pesées et les résultats sont exprimés en pourcentage.

$$\text{TA (\%)} = m \times 2$$

TA : taux d'affleurement en (%).

m : la masse de produit extrait en (g).

C. Taux de cendres (AFNOR NF V 03-720)

Les cendres sont les résidus minéraux après incinération du blé ou de farine.

La mesure de taux de cendres est utilisée pour déterminer le taux d'extraction qui permet de classer les semoules et les farines.

➤ **Principe**

Les cendres des échantillons à analyser sont déterminées par incinération dans une atmosphère oxydante (four à moufle) à une température de 900°C ± 25°C jusqu'à une combustion complète de la matière organique ; le résidu obtenu est, ensuite pesé.

➤ **Mode opératoire**

-Chauffer les creusets dans un four à moufle électrique de marque NÜVE FURNACE à 900 °C pendant 15 min et laisser refroidir dans un dessiccateur.

-Peser les creusets vides et noter la valeur V1 ;

-Peser 3g de l'échantillon ;

-Ajouter quelques gouttes d'alcool ;

-Mettre les creusets au four, on les laisse flamber. Une fois le flambage est terminé, on ferme le four pendant 2heures ;

-Refroidir les creusets dans un dessiccateur, on les pèse et on note la valeur V2.

Le taux de cendres est exprimé en pourcentage de masse rapportée à la matière sèche, il est calculé comme suit :

✓ On calcule la matière telle quelle :

$$\text{MTQ}(\%) = \frac{V2-V1}{3} \times 100$$

MTQ : matière telle quelle en (%)

V1 : poids de creuset vide en (g).

V2 : poids de (creuset+ l'échantillon) après la sortie du four, en (g).

✓ La matière sèche (taux de cendres) :

$$\text{Ms}(\%) = \frac{\text{MTQ}}{100-H\%}$$

MTQ : matière telle quelle en (%).

Ms : matière sèche en (%).

H : humidité en (%).

2.3-Analyses technologiques des produits de mouture

A. Teneur en gluten (NA-730-1990)

Le gluten est la fraction des protéines insolubles dans une solution saline ; il est le responsable majeur de la qualité rhéologique des pâtes. Le dosage de gluten repose sur son insolubilité dans l'eau chargé de sels. Extraction est réalisée par la méthode manuelle

❖ Gluten humide

La détermination de la teneur en gluten humide se base sur l'extraction du gluten à partir d'une mouture intégrale des grains de blé dur en raison de 10 grammes pour chaque échantillon. L'extraction se fait par l'ajout d'une solution saline (5ml de Na Cl à 2%) à la

mouture du blé et par un malaxage mécanique suivit d'une lixiviation automatique. La masse plastique issue à la fin représente le gluten humide, elle est pesée et calculée comme suit :

$$\text{GH (\%)} = \frac{m}{10} \times 100$$

GH : gluten humide en (%).

m : masse en gramme de gluten humide.

❖ **Gluten sec**

La détermination du gluten sec se fait par séchage de la totalité du gluten humide. La masse du gluten humide est mise 4min dans une étuve à 150°C. Après séchage le gluten sec est pesé et calculé comme suit :

$$\text{GS (\%)} = \frac{m'}{10} \times 100$$

GS : gluten sec en (%).

m' : masse en gramme du gluten sec

B. Test de sédimentation en milieu SDS (Dick et Quick, 1983)

Il permet de donner une idée sur la force d'une farine. Il est basé sur la lecture du volume (en ml) du dépôt formé suite à une série d'agitation et au gonflement des protéines, dans des conditions bien définies, de 6 grammes de la farine de l'échantillon testé, dans une solution à base de Sulfate Dodecyl de Sodium (SDS). Le principe repose sur l'aptitude du gluten à gonfler en milieux aqueux et à coaguler dans un milieu acide à l'aide d'une solution SDS-acide lactique, la valeur obtenue détermine donc la viscoélasticité du blé.

➤ **Mode opératoire**

-Peser 6 g de produit. Les introduire dans une éprouvette graduée de 100 à 200 ml.

-Ajouter 50 ml d'eau distillée

-Agitation rapide pendant 15 secondes

-Agiter de nouveau manuellement par mouvement long durant 15 s à la 2^{ème} min puis à la 4^{ème} min ;

-Immédiatement après, ajouter 50 ml d'une solution SDS à 2% et 1 ml d'une solution d'acide lactique à 85 % ;

- Agiter lentement pendant 4 fois à raison de 5 s. Par retournement de l'éprouvette fermée par un bouchon ou parafilm ;
- Répéter l'opération à 2 min, puis à la 4^{ème} min, puis à la 6^{ème} min ;
- Laisser reposer pendant 20 min et observer la décantation.

➤ **Expression des résultats**

Lire directement le volume sur l'éprouvette en ml. Ce volume représente l'indice de sédimentation.

1.2.4-Préparation de la brioche

❖ **Ingrédients (figure 5)**

- 500g de farine ;
- 4g du sel ;
- 80g de sucre ;
- 50g de l'huile ;
- 15g de levure boulangère ;
- 1g d'améliorant ;
- 80g du lait ;
- 80g d'eau ;
- arôme ;
- 1 œuf.



Figure 5 : Les ingrédients de la brioche.

❖ **Processus de préparation de la brioche100% FB (pâte de référence)**

1-Le pétrissage

Dans un récipient ajouter 80g de sucre, 4g du sel, un œuf, 50g de l'huile, 80g du lait, 80g du jus (Danao), 80g d'eau, 15g de levure boulangère, 1g d'améliorant, arôme (petite cuillère de zeste de citron + une petite cuillère de jus de citron) ;

A l'aide d'un fouet mélanger les ingrédients cités ci-dessus pendant 5min jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène ;

Rajouter 500 g de la farine en 3 quantités :

La 1^{ère} quantité est ajoutée après l'obtention de liquide, mélanger avec le fouet pendant 3 min, rajouter la 2^{ème} quantité et mélanger avec la main (pendant 3 min) puis rajouter la dernière quantité en continuant le pétrissage avec la main (pendant 3 min), à la fin on aura une pâte lisse et homogène (**figure 6**).



Figure 6 : Le pétrissage.

2-Première fermentation « pointage »

Filmer la pâte et laisser la reposer pendant 20 min à température T ambiante.

3-Division de la pâte en pâtons

La pâte est découpée par un couteau en pâtons de 50 g en utilisant une balance (**figure 7**).



Figure 7 : Les pâtons.

4- Façonnage

C'est une mise en forme de la pâte.

Les pâtons sont boulés à la main pour former des boules homogènes et les mettre dans un plateau. Des petits coups de lame sont donnés sur la partie supérieure des boules. Ensuite, dorer avec le jaune d'œuf en utilisant un pinceau (**figure 8**).



Figure 8 : Le façonnage.

5-Deuxième fermentation

Filmer les pâtons dans un plateau et les laisser fermentés pour une deuxième fois à T ambiante pendant 30 min pour avoir un volume triplé de chaque pâton.

6-Cuisson

La cuisson se fait à 180°C pendant 30 min (**figure 9**).



Figure 9 : La cuisson.

2.5-Evaluation sensorielle de la brioche

Les échantillons de la brioche ont été soumis à une évaluation sensorielle par un ensemble de dégustateurs (24 personnes) de différents âges et de sexe (**figure 10**).

Les échantillons ont été découpés en petits morceaux de taille égale et servis à chaque dégustateur sur un plateau d'une manière aléatoire et anonyme (**figure 11**).

L'évaluation sensorielle a été faite la matinée (entre 8h à 10h) dans les conditions suivantes :

- Ne pas prendre de café ou manger dans l'heure qui précède le test ;
- Ne pas fumer 2h avant l'analyse ;
- Eviter de parler durant l'analyse ;
- Rincer sa bouche après avoir goûté chaque échantillon ;
- Chaque dégustateur doit remplir une fiche d'évaluation durant le test.

Les brioches ont été évaluées selon les paramètres suivants :

- ✓ La couleur de la croûte et de la mie (claire, foncée) ;
- ✓ L'odeur (mauvaise, bonne) ;
- ✓ La texture (dure, tendre) ;
- ✓ Le goût (pas bon, moyen et bon).



Figure 10 : Le test de dégustation.



Figure 11 : Les morceaux de la brioche.

II-Résultats et discussion

1. Résultats d'agréage

Les résultats des analyses effectuées sur le grain de blé dur sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau VI : Tableau récapitulatif des analyses effectuées sur le grain de blé dur.

Critères	Résultats	Normes
Poids spécifique en kg/hl	81,7	> ou = à 74kg/hl
Humidité (%)	9,2	< ou = à 17kg%
Poids de 1000 grains (m.s), en g	36,0	-
Impuretés diverses, (%)	0,3	< ou = à 1%
Grains mouchetés (%)	0,4	< ou = à 5%
Grains cassés (%)	2,4	< ou = à 3%
Grains maigres (%)	0,2	< ou = à 3%
Grains germés (%)	-	< ou = à 2%
Grains fusariés (%)	-	< ou = à 1,5%
Grains piqués/punaisés (insectes) (%)	-	< ou = à 2%
Grains échaudés (%)	0,6	< ou = à 5%
Total d'impuretés (%)	4	6%

A. Poids spécifique PS

Il s'agit d'une mesure de la densité du grain ; il indique le rendement possible en semoule. Il peut également indiquer la teneur en eau et sert parfois dans la détermination de la quantité d'eau à ajouter au blé durant la trituration (BRENNAN, 1984).

Le poids spécifique de notre échantillon du blé dur est de 81,5 Kg/hl (**tableau VI**), il est conforme aux normes JORA, (1992), qui stipulent un intervalle en PHL entre 68 et 84 Kg/hl pour le blé dur.

D'après la classification de WILLIAMS (1998), ce froment appartient à la catégorie des blés très lourds, donc de bon rendement.

Le poids à l'hectolitre est parfois utilisé pour prédire le comportement du blé au cours de la mouture, il est systématiquement utilisé dans les contrats commerciaux (FEILLET, 2000).

B.Poids de mille grains (PMG)

C'est un paramètre physique qui nous renseigne sur la dimension des grains, c'est par conséquent un bon outil d'évaluation du rendement en semoule ainsi que les problèmes rencontrés par la plante lors de son développement (MAHAUT, 1996).

Selon ABECASSIS (1991), les blés ayant un PMG situé entre 24-34 g sont considérés comme étant composés de petits grains ; une valeur entre 35-45 g blés moyens est en fin une valeur comprise entre 46-56 g représente un blé formé de gros grains.

D'après cette classification et selon le résultat obtenu (PMG= 36 g) tableau 5, notre blé est classé dans la deuxième catégorie comme un blé moyen.

C.L'humidité (teneur en eau)

Les grains de céréales sont particulièrement déshydratés. Leur teneur en eau est aux environs de 14%, du fait de leur fonction d'abord protectrice de l'embryon, puis ensuite nourricière de la jeune plante (FEILLET, 2000).

La mesure de l'humidité du blé est une opération essentielle dans les industries de transformation du blé, car elle permet de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement, mais aussi de savoir si le blé peut être stocké sans risque d'altération par les moisissures lors du stockage.

Le résultat d'humidité de notre échantillon du blé dur égal à 9,2%, c'est une valeur conforme à celle trouvée par FEILLET, 2000, qui recommandent une teneur en eau des blés qui ne dépassant pas 14%.

La différence d'humidité des blés peut être attribuée aux conditions climatiques, à la région de culture, et aux conditions de stockage. La teneur en eau est un critère essentiel de sa conservation (LADRAA, 2012).

Les humidités faibles exigent souvent des temps de conditionnement plus long.

D.Élimination des impuretés

Les impuretés sont l'ensemble des éléments considérés conventionnellement comme indésirables dans l'échantillon (BOUSLAH et *al.*, 2016).

Un lot de blé n'est jamais pur. Il peut être contaminé par des matières inertes (pierres, sable, terre, objets métalliques...), des débris d'animaux et de végétaux, des graines étrangères (graines nuisibles...), des grains de blés altérés ou mal venus (cassés, brûlés...) (FEILLET, 2000).

Le résultat des impuretés totales de blé dur étudié obtenu est de 4%, donc il est conforme aux normes qui préconisent un maximum de taux d'impuretés de 6% pour les échantillons de blé dur.

2.Résultats des analyses physico-chimiques des produits de mouture (FB et 3SF)

A.L'humidité

La détermination de l'humidité est importante puisqu'elle conditionne d'une part la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche et d'autre part celle de la mise en œuvre des tests technologiques tel l'essai de la panification (CALVEL, 1984).

Les résultats d'humidité sont représentés dans la figure suivante.

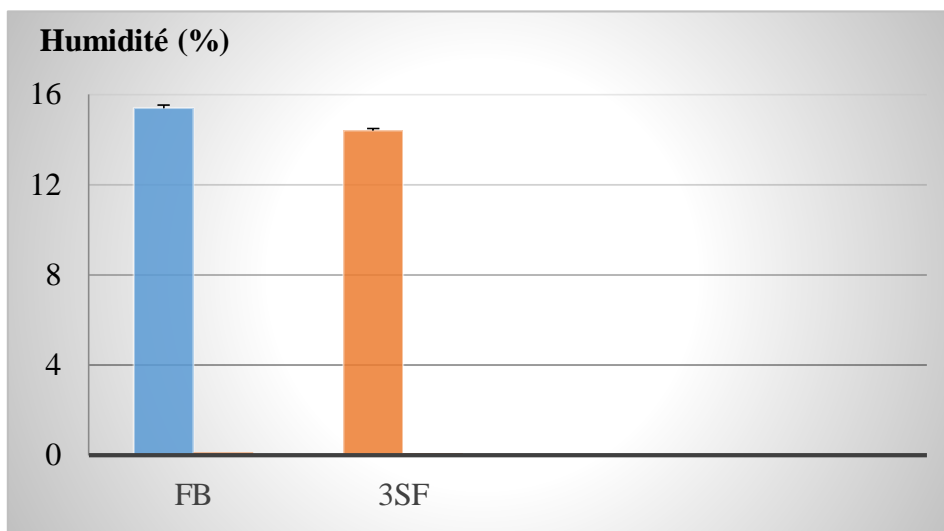


Figure 12 : Variation de l'humidité moyenne de FB et 3SF.

La teneur en eau de 3SF varie de 14,4 à 14,5% avec une moyenne de $14,4 \pm 0,1\%$ et entre 15,3 et 15,5% avec une moyenne de $15,4 \pm 0,12\%$ pour la FB. Ces valeurs ne dépassent pas la

valeur maximale de 14,5%, fixée par la norme Codex (178-1991) pour la farine de blé dur et 15,5% fixée par la norme Codex (152-1985) pour la farine de blé tendre.

La teneur en eau est très variable, en fonction d'une part de la saison, d'autre part de la quantité d'eau à ajouter au blé avant mouture.

B.Granulométrie (Taux d'affleurement)

Le taux d'affleurement est l'appréciation de la composition en grosseur de la dimension des particules qui constituent la farine et la semoule. Les résultats de granulométrie sont représentés dans la **figure 13**.

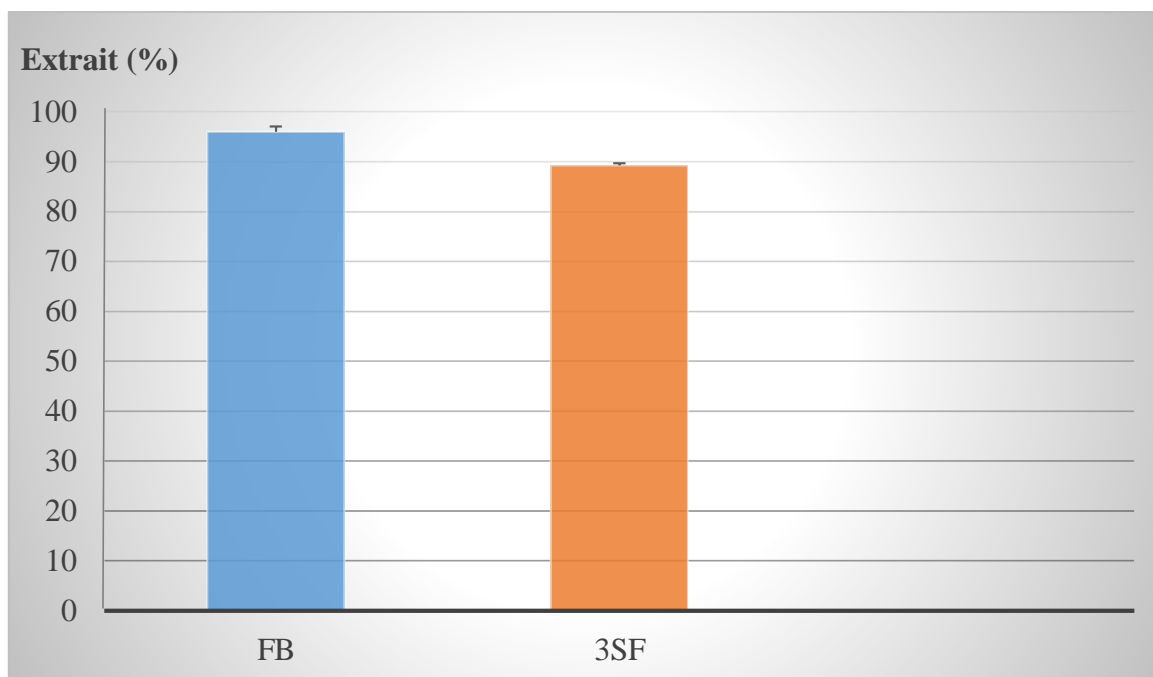


Figure 13 : Variation de la granulométrie moyenne de FB et 3SF.

La figure 13 montre une granulométrie moyenne de $96 \pm 1\%$ pour FB et $89,23 \pm 0,4$ pour 3SF. Ces valeurs sont conformes aux normes Codex Stan 152-1985 et Codex Stan 178-1991 qui exigent respectivement une valeur maximale de 98% pour FB et une valeur minimale de 80% pour la 3SF.

C.Taux de cendres

Le taux de cendre est un critère retenu par la réglementation pour contrôler la pureté des produits de mouture.

Cette teneur est en fonction du taux d'extraction, mais également de la minéralisation des blés (ABECASSIS, 1996).

La figure ci-dessous représente les résultats de taux de cendres obtenus.

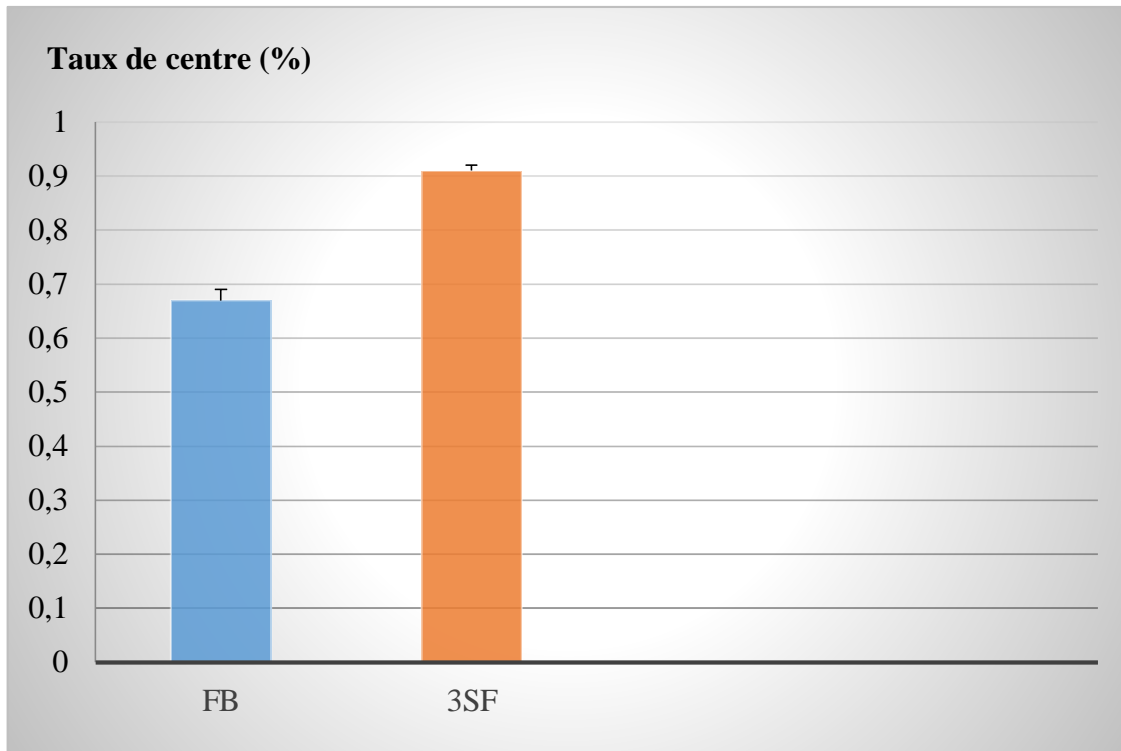


Figure 14 : Variation du taux moyen de cendres de FB et 3SF.

Le taux de cendres varie de 0,90 à 0,93% pour la 3SF avec une moyenne de $0,91 \pm 0,01\%$ et de 0,65 à 0,70% pour la FB avec une moyenne de $0,67 \pm 0,02\%$.

D'après la norme Codex Stan 178-1991, la teneur en cendre maximale de la farine de blé dur est de 1,75% et selon RIVAL (2000), qui stipule une teneur en cendres entre 0,50 et 0,70% pour la farine panifiable (boulangère) nos résultats sont conformes à la norme.

Les facteurs liés aux variations du taux de cendre sont entre autre : les facteurs génétiques notamment la dureté, la taille et la teneur en enveloppes de grains, les facteurs pédologiques tels que la nature du sol et la disponibilité des minéraux des sols (GODON, 1978).

3. Résultats des analyses technologiques de FB et 3SF

A. Teneur en gluten

La détermination de la quantité de gluten existant dans une farine doit permettre de reconnaître si cette farine est de bonne valeur boulangère (FEUILLET, 2000). Toutefois il ne suffit pas qu'une farine contienne un fort pourcentage de gluten pour avoir une valeur boulangère (CALVEL, 1984). Les résultats obtenus sont représentés dans la **figure 15**.

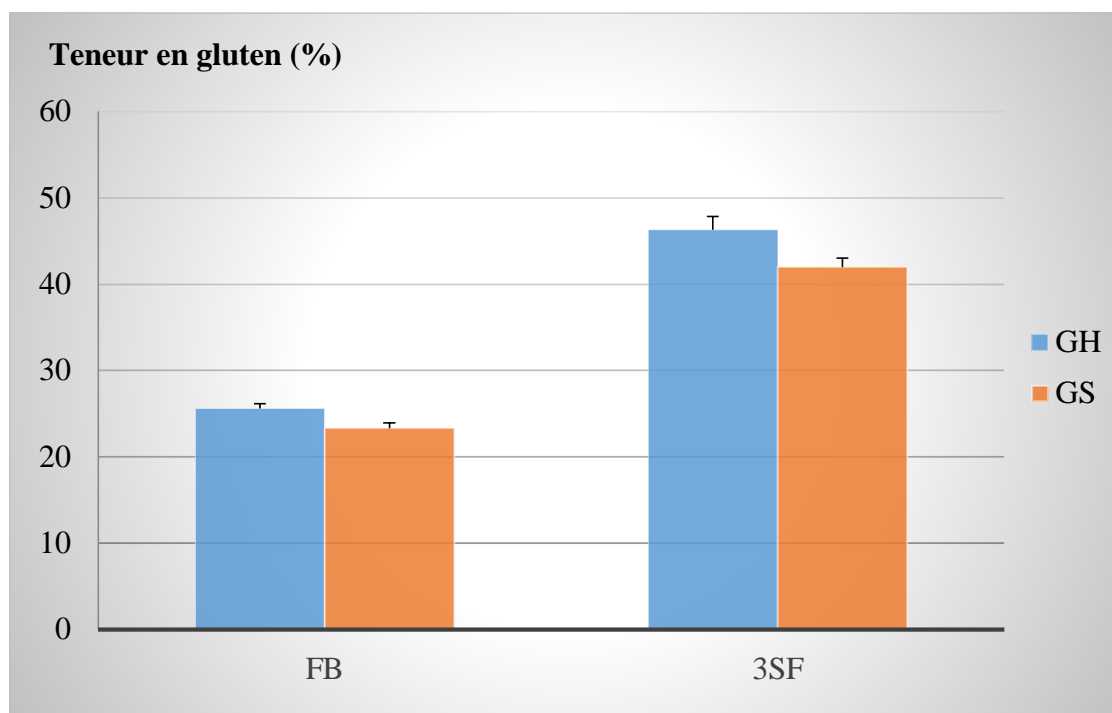


Figure 15 : Variation de la teneur moyenne en gluten humide et sec de FB et 3SF.

Les teneurs moyennes en gluten humide de nos échantillons oscillent entre $25,6 \pm 0,58\%$ et $46,33 \pm 1,5\%$ pour la FB et la 3SF respectivement, les teneurs moyennes en gluten sec de nos échantillons oscillent entre $23,33 \pm 0,57\%$ et $42 \pm 1\%$ pour ces mêmes échantillons.

Les résultats des teneurs moyennes de gluten sec illustré par la figure 15 ne coïncident pas avec ceux de MICHEL (2004), qui indique des teneurs moyennes variantes entre 12% et 14% pour la SSSF et 8% à 10% pour la farine de blé tendre. Cette élévation anormale pourrait s'expliquer par le séchage insuffisant de gluten humide et un problème dans l'étuve.

B. Test de sédimentation en milieu SDS

La figure ci-dessous représente la variation des volumes moyens de sédimentation.

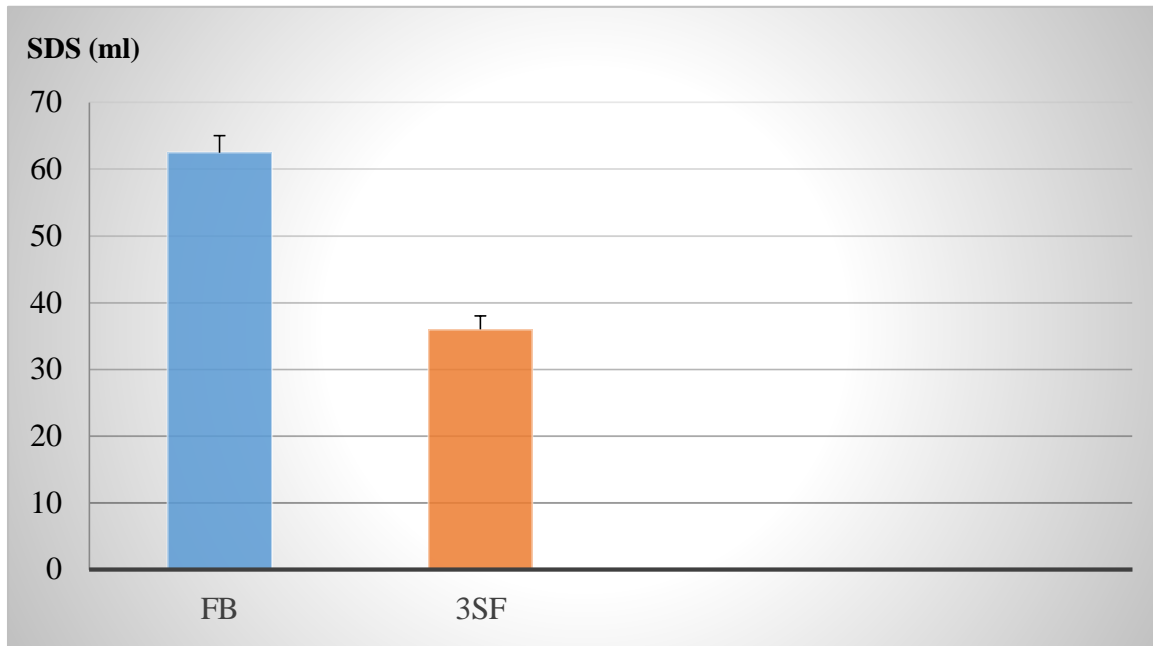


Figure 16 : Variation des volumes moyens de sédimentation.

D'après ABECASSIS et CHAURAND (1997), le test de sédimentation SDS constitue un bon indicateur de la qualité du gluten de blé dur.

La valeur de l'indice de sédimentation serait reliée à la force boulangère des farines, cette valeur est influencée par la teneur en protéine (FEILLET, 2000).

Les volumes moyens de sédimentation en milieu SDS pour nos échantillons varient entre $62,5 \pm 2,5$ ml pour la FB et 36 ± 2 ml pour la 3SF.

HUI en 2006, montre que les valeurs inférieures à 30 ml sont enregistrées pour les blés de faible force de gluten, tandis que les valeurs supérieures à 35 ml indiquent un gluten fort. En effet les valeurs inférieures à la norme, peuvent être expliquées par leur faible teneur en protéines et la qualité du gluten.

L'indice de sédimentation renseigne sur la capacité des protéines à former un agrégat en milieu acide (liée à la teneur en gluténines) (ANONYME, 2007). La formation d'un gel protéique est due à l'agrégation des unités élémentaires de gluténines après extraction des protéines solubles, le volume de ce gel renseigne sur la force de gluten.

4. Résultats de la préparation de la brioche

Le pétrissage est un travail mécanique qui vise à mélanger les différents composants (DUPIN *et al.*, 1992). Il joue un double rôle, la formation d'un produit viscoélastique et l'incorporation au sein de la pâte de microalvéoles d'air dont les parois acquièrent une certaine imperméabilité au gaz.

Il se forme dans la pâte un réseau de protéines et de glycolipides autour des granules d'amidon dû aux interactions existantes entre la protéine et l'amidon d'une part, ainsi qu'entre les protéines, l'amidon et les lipides d'autre part. Un tel réseau déformable est responsable des principales propriétés physiques de la pâte boulangère : l'extensibilité, l'élasticité permettant la rétention de CO₂ et la formation d'une structure spongieuse accompagnée d'une forte rétention d'eau responsable de la tendreté après cuisson (LADRRAA, 2012).

Le pointage c'est la première fermentation. On laisse reposer la pâte pour permettre l'activité de la levure. Celle-ci va donc réaliser la fermentation alcoolique en utilisant les oses résiduels de la farine (prévenant de la dégradation de l'amidon par les amylases). Il y a donc production de CO₂ qui permet un début de levée de la pâte qui devient alors tenace et plus élastique.

Plus un pointage est long, plus la pâte aura de force et plus les arômes se développeront.

La division, elle s'agit de découper la pâte que l'on a laissé fermenter, en pâtons plus petits. On utilise une balance pour effectuer le pesage de ces pâtons et assurer leur régularité.

Le façonnage, c'est la mise en forme de la pâte. Pendant cette phase, il y a encore production de sucres fermentescibles (glucose et maltose : grâce à l'action des amylases sur l'amidon). Les coups de lame qui sont donnés sur la partie supérieure des pâtons ce qui forme des incisions ayant pour but d'éviter lors de la cuisson, les déchirures peu esthétiques de la croûte. Elles permettent aussi d'obtenir de belles arêtes qui sont des éléments importants de l'esthétique (FREDOT, 2009). Le jaune d'œuf joue aussi un rôle d'esthétique.

Deuxième fermentation, les pâtons subissent une deuxième fermentation durant laquelle la levure continue à jouer son rôle d'agent de levée de la pâte, en libérant du dioxyde de carbone, de l'alcool et des acides organiques. Le volume de chaque pâton est ainsi triplé. Le gaz carbonique est emprisonné dans le réseau élastique du gluten (LADRRAA, 2012).

La cuisson

- Sous l'action de la chaleur, les pâtons continuent de gonfler, la mie se forme, l'extérieur se dessèche, durcit et se colore pour donner la croûte.
- Une partie des zones cristallines de l'amidon est désorganisée ce qui provoque un gonflement des grains d'amidon ; c'est la gélatinisation.
- Les protéines du gluten subissent une dénaturation ce qui augmente leur digestibilité.
- L'expansion du CO₂ s'accroît et l'éthanol s'évapore.
- L'eau libre se transforme en vapeur d'eau qui se répartit dans la pâte.
- Dextrinisation de l'amidon c'est à dire dégradation partielle de celui-ci en dextrines.
- Torrification et grillage des produits glucidiques. Les réactions de Maillard ont lieu produisant ainsi des arômes.

Le résultat de différentes formulations préparées (A, B, C et D) est illustré dans la figure ci-dessous.

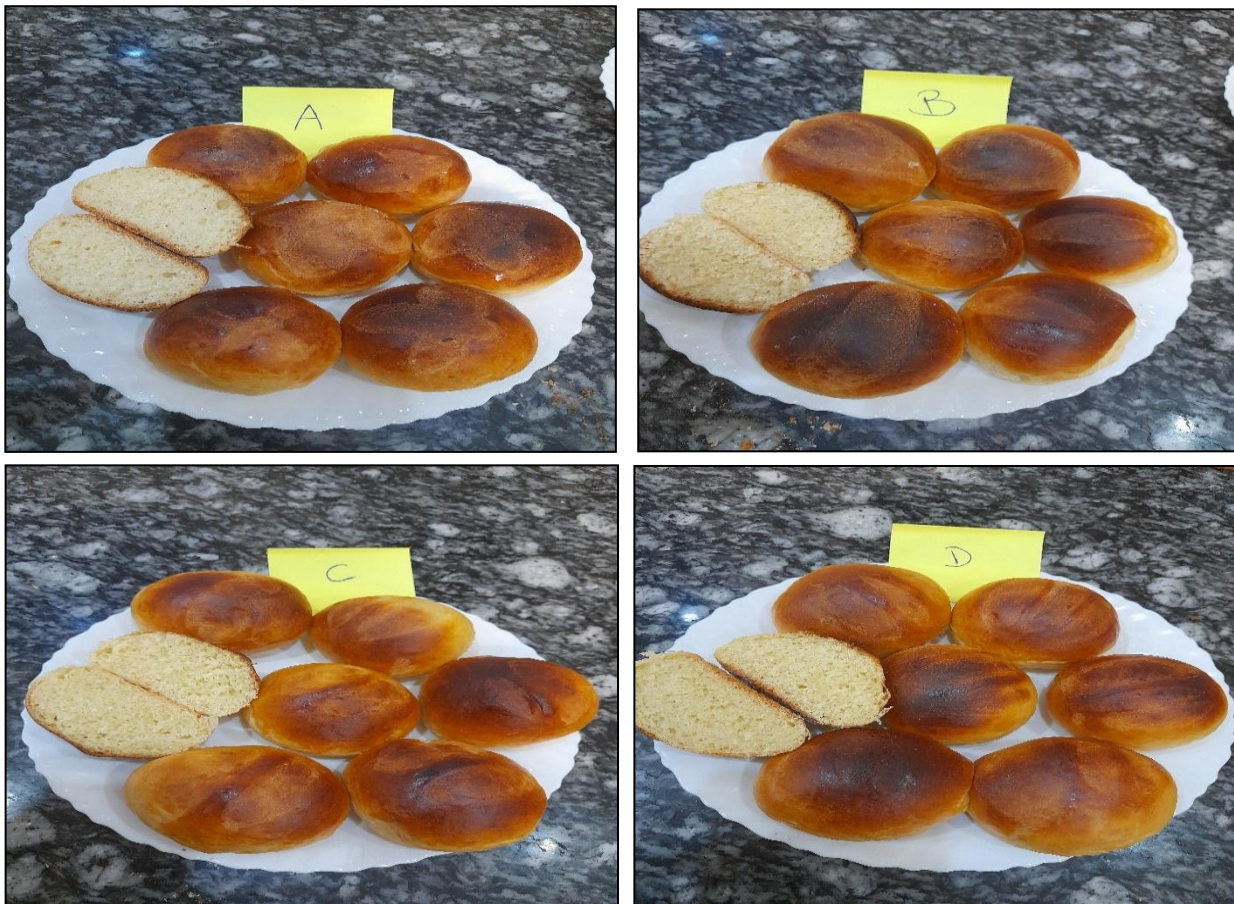


Figure 17 : Photos des quatre formulations de la brioche après cuisson.

5. Résultats d'évaluation sensorielle de la brioche

On a procédé à une évaluation sensorielle de la brioche en faisant appel à une analyse des critères suivants : la couleur de la croûte et la mie, l'odeur, la texture et le goût.

Les résultats obtenus en pourcentage d'appréciation par un nombre des dégustateurs sont représentés dans les figures ci-dessous.

➤ Couleur de la croûte

La figure 18 représente l'appréciation de la couleur de la croûte de la brioche.

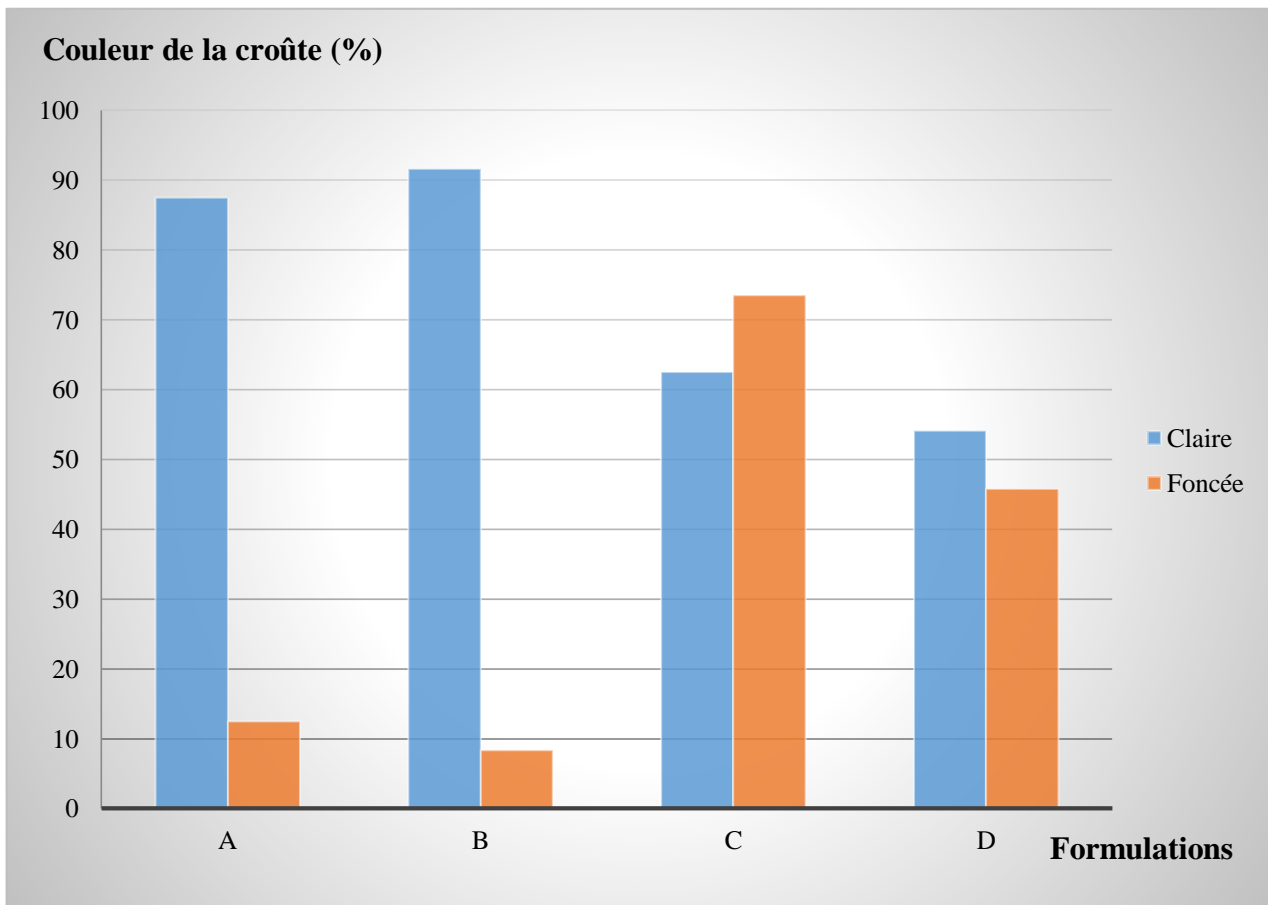


Figure 18 : Appréciation de la couleur de la croûte de la brioche.

On remarque que pour les formulations A et B qui correspondent aux recettes 100% et 75% de FB respectivement ont une croûte claire avec un pourcentage qui varie entre 87,5 et 91,66% par rapport aux formulations C et D qui correspondent respectivement aux recettes 50% et 25% de FB qui ont une croûte foncée avec un pourcentage entre 45,83 à 73,5%.

Cette couleur foncée peut être due à la teneur élevée de sucre réducteur qui, après cuisson subissent la réaction de Maillard (LINDAHL et ELIASSON, 1992), ainsi qu'à la teneur en pigments (caroténoïdes) des variétés de blé dur, ce qui permet de supprimer les colorants beurre et le jaune d'œuf (pour la couleur) (ABECASSIS, 2015).

➤ **Couleur de la mie**

La figure ci-dessous représente l'appréciation de la couleur de la mie de la brioche.

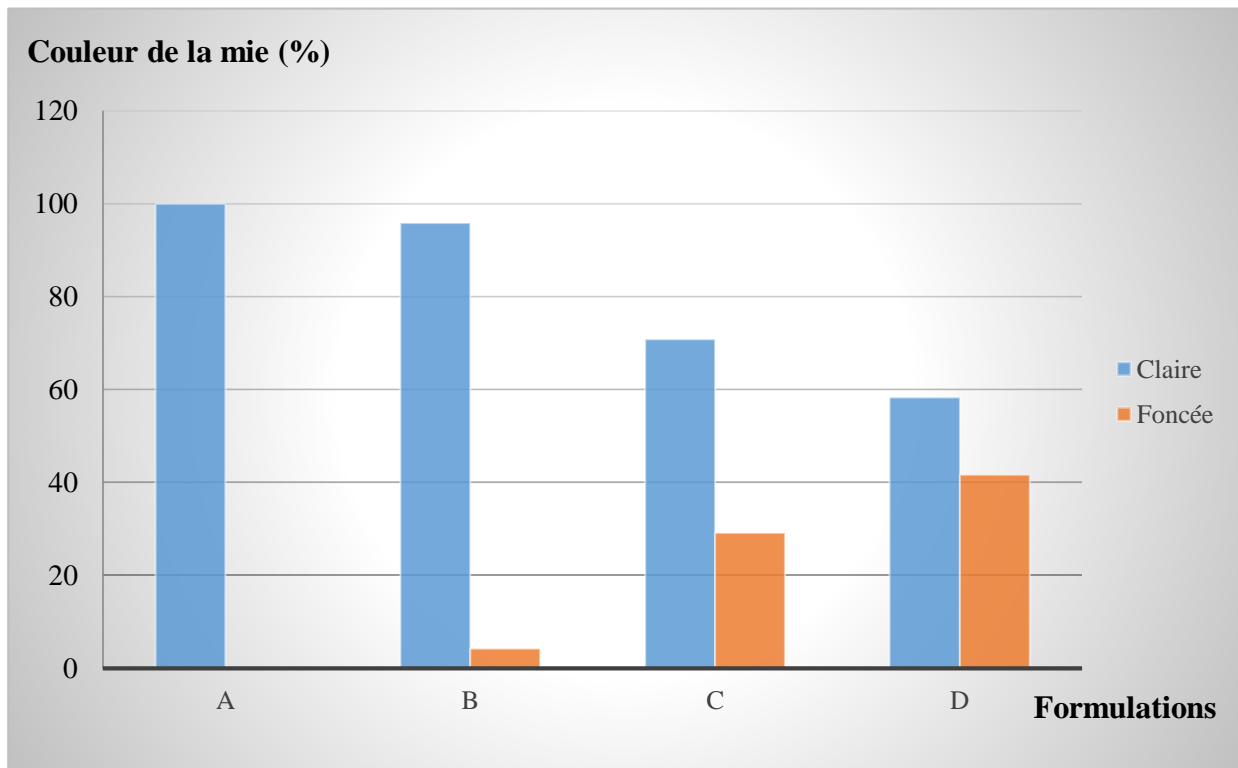


Figure 19 : Appréciation de la couleur de la mie de la brioche.

Les résultats représentés dans la figure en haut illustrent la couleur de la mie de la brioche. On remarque aussi une couleur de la mie pour les formulations C et D plus foncée que les formulations A et B, cela due aux raisons citées précédemment.

➤ Odeur

Les résultats d'appréciation de l'odeur de la brioche sont représentés dans la figure suivante.

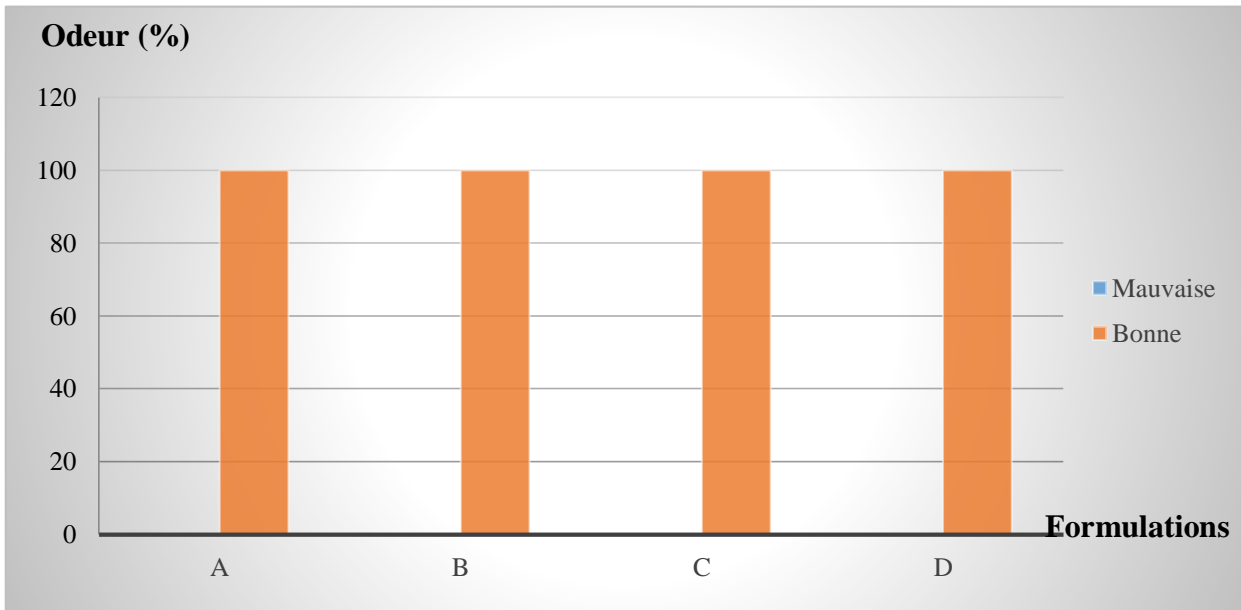


Figure 20 : Appréciation de l'odeur de la brioche.

D'après les résultats de **la figure 20**, l'odeur de la brioche est appréciée bonne à 100% pour les quatre formulations A, B, C et D. Cela signifie que l'incorporation de la 3SF n'a pas influencé sur l'odeur de la brioche.

➤ Texture

La figure 21 représente l'appréciation de la texture de la brioche.

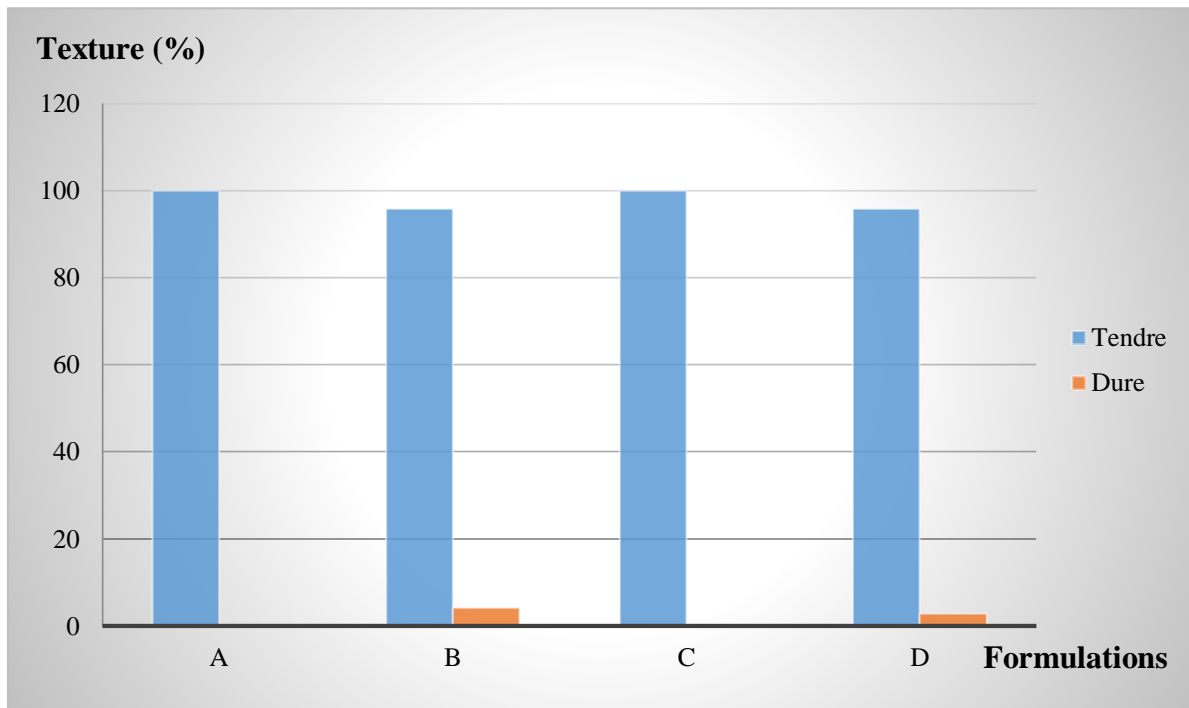


Figure 21 : Appréciation de la texture de la brioche.

Les résultats ci-dessus montrent que la texture de la brioche pour les 4 formulations A, B, C et D est tendre avec un pourcentage qui varie entre 85,3 à 100%. Cette variation est due probablement au pétrissage car on a utilisé une méthode manuelle.

D'autre part, on remarque des pourcentages pour les formulations B et D entre 2,8 à 4,16% qui signifient la dureté de texture de la brioche. Cela peut être aussi dû aux méthodes de pétrissage.

➤ **Goût**

Les résultats d'appréciation de goût de la brioche sont donnés da la figure ci-dessous.

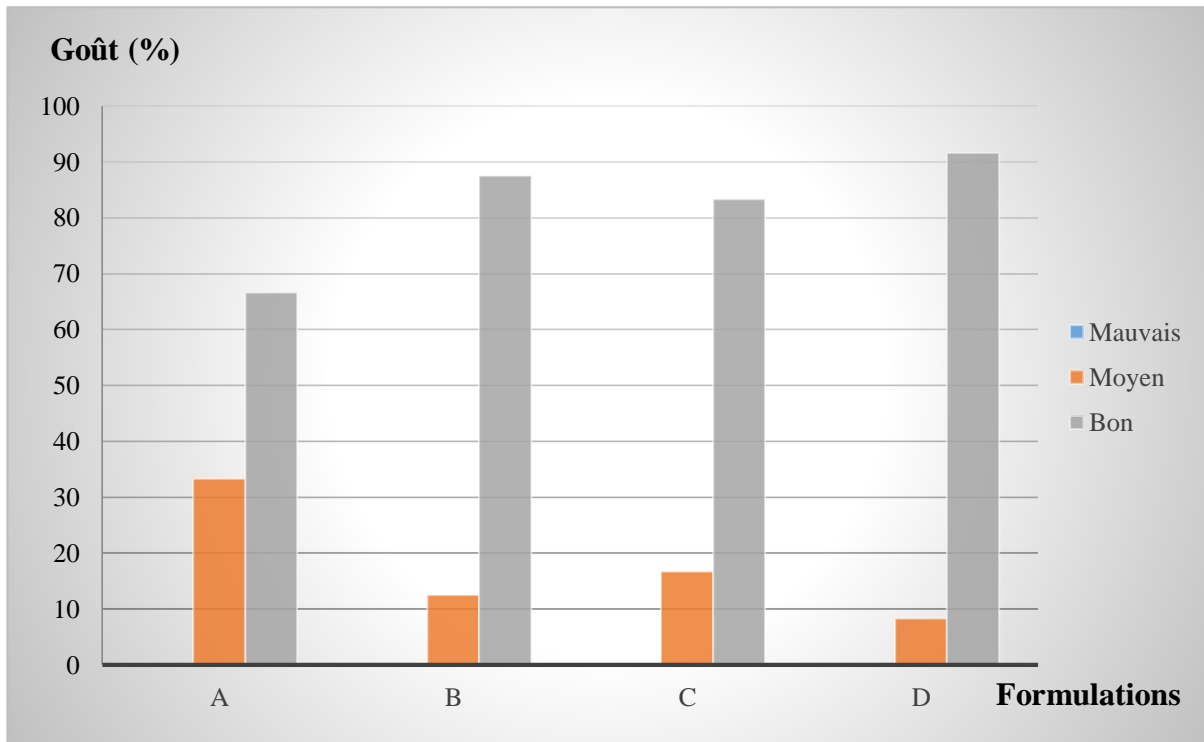


Figure 22 : Appréciation du goût de la brioche.

On remarque que les pourcentages de critère « bon » varie entre 66,66 à 91,66% pour les 4 formulations dont le pourcentage le plus élevé est celui de la formulation D (75% 3SF + 25% FB) et le pourcentage minimal celui de la formulation A (100% FB) et pour le critère « moyen » c'est l'inversement de critère bon dont 33,33% pour A et 8, 33% pour D et finalement le critère « mauvais » pour les 4 formulations est nul.

Pour cela, on conclue que les 4 formulations sont acceptables, mais le consommateur trouve que le goût de recette 75% 3SF+ 25% FB mieux que les autres.

Conclusion et perspectives

L'utilisation de la farine de blé dur en panification (brioche) est très intéressante sur le plan économique et technologique. L'objectif de notre travail consiste à un essai de valorisation de la farine du blé dur dans la préparation de la brioche.

A travers les analyses physico-chimiques et technologiques que nous avons effectuées sur le grain de blé dur, la farine de blé dur et la farine panifiable, les conclusions auxquelles nous avons pu aboutir sont les suivantes :

- Le blé utilisé est de bonne qualité ;
- Les résultats obtenus sur la 3SF et FB sont conformes à la norme.

L'essai de panification de la farine de blé dur demande des teneurs en eau élevées au cours de l'étape de pétrissage vu le taux d'amidon endommagé.

L'analyse sensorielle révèle que les brioches de farine de blé dur sont mieux préférées que celles à base de la farine de blé tendre et les trois formulations (B, C et D) sont acceptables à des pourcentages différents.

Les brioches de la farine de blé dur représentent les caractéristiques suivantes : une croûte et mie de couleur foncée, une texture tendre, avec une bonne odeur caractéristique et un bon goût.

D'après les résultats de notre étude, il ressort que la farine de blé dur peut être associée à la farine de blé tendre pour produire des brioches de qualité et à moindre coût.

Afin de compléter ce travail, on propose de réaliser :

- ✓ Une analyse statistique pour estimer quantitativement les différences qualitatives de l'analyse sensorielles ;
- ✓ Réaliser des analyses sur le mélange 3SF+FB ;
- ✓ Réaliser des analyses technologiques sur le produit fini ;
- ✓ Faire une étude économique pour estimer le prix du produit fini.

Références bibliographiques

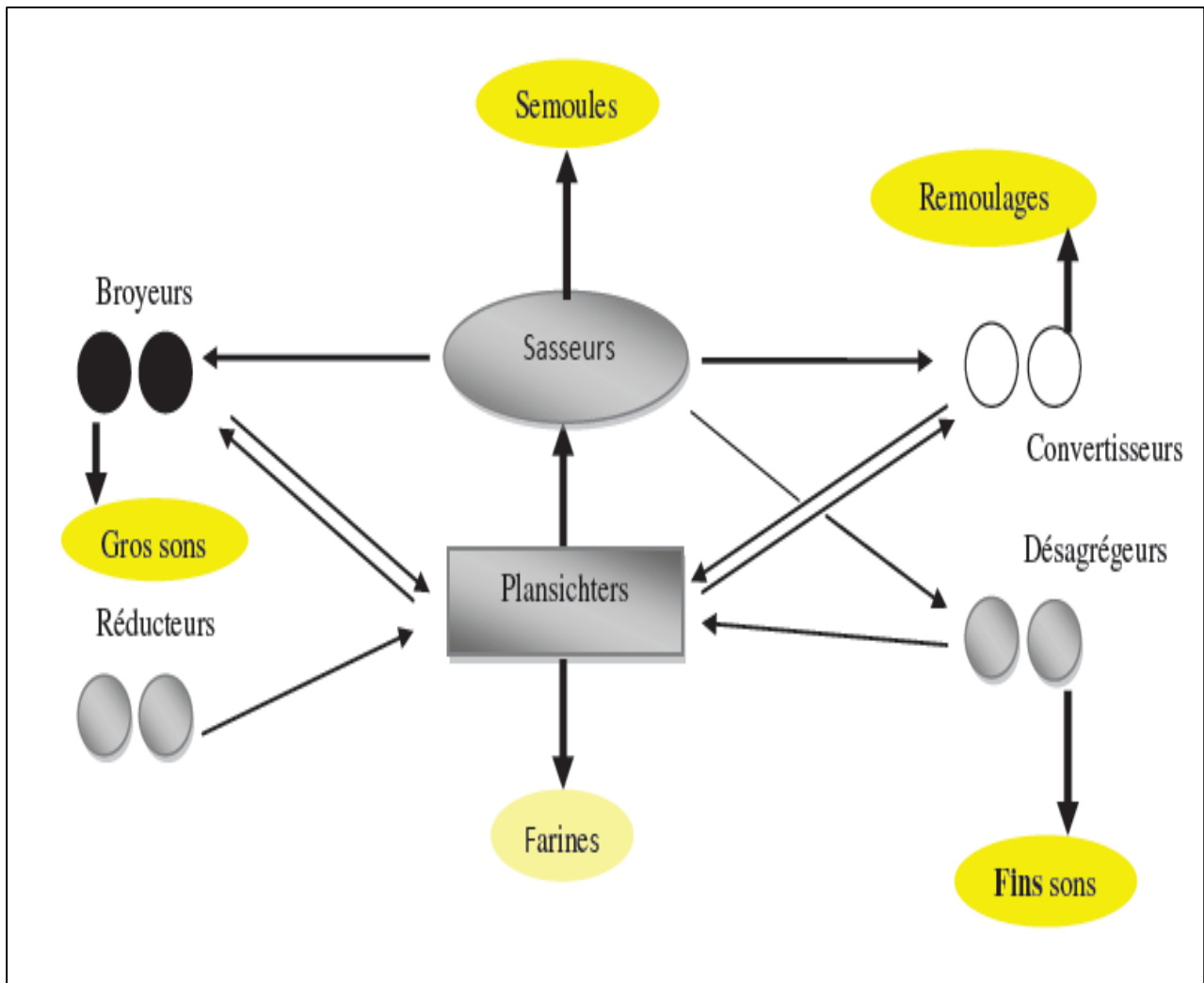
- **ABECASSIS J. et FEILLET P. (1985).** Pureté des semoules de blé dur, taux de cendres et réglementation. Industrie des céréales.
- **ABECASSIS J., (1987).** La mouture d'essai de blé dur : Recherches et applications industrielles. Mémoire d'ingénieur. Ed. Ecole nationale supérieure de meunerie et des industries céréalières.
- **ABECASSIS J., (1991).** La mouture du blé dur. In, les industries de première transformation des céréales. (In GODON B et WILLM C). Ed. Tec et Doc- Apria: 362-393.
- **ABECASSIS J., (1996).** Comprendre la qualité : La valeur semoulière. Comment s'explique-t-elle ? I.N.R.A. Montpellier France.
- **ABECASSIS J. et CHAURAND M. (1997) :** Appréciation de la valeur d'utilisation du blé dur en semoulerie et plastification. In : Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Ed : Tec & Doc, Lavoisier Paris. 2^{ème} édition 746-774.
- **ABECASSIS J., (2015).** La filière blé dur. INRA-UMR IATE. P: 8.
- **AFNOR (1991)** (Association Française de Normalisation). Contrôle de la qualité des produits alimentaires : Céréales et produit céréaliers 3^{ème} éd.
- **ANONYME, (2007).** Effects of variety and fertiliser nitrogen on alcohol yield, grain yield, starch and protein content, and protein composition of winter wheat. Journal of Cereal Science 48: 46.57.
- **AOUES K., BOUTOUMI H. et BENRIMA A. (2017).** État phytosanitaire du blé dur local stocké en Algérie. *Revue Agrobiolia*, 7(1), 286-296.
- **AVELIN C. 2020.** Marché du blé dur : France-Union européenne-Monde (2019-2020). Edition France AgriMer. NISSN 1779-353X.
- **AVELIN C. 2021.** Marché du blé dur : France-Union européenne-Monde (2020-2021). Edition France AgriMer. NISSN 1779-353X.

- **BENAMOR A., (2007).** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Ed. Lavoisier. P : 3, 4, 5, 6.
- **BENBELKACEM A., SADLI F. et BARINIS L. (1995).** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Ed. CIHAEM : option méditerranéennes. Zaragoza, p.62.
- **BOUDREAU A., (1992).** Le blé : éléments fondamentaux et transformation. P : 25-49.
- **BOUJNAH M., ABECASSIS J., BAKHELLA M., AMRI A., OUASSOU A., NACHIT M., CHAURAND M. et JAOUHARI A. (2004).** Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur. *AL Awamia III. Vol.1 N. 3.*
- **BOURAD D, (2019).** Etude de potentiel technologique de la farine de blé dur : panification ; Mémoire de Magister ; Université Abderrahmane MIRA-Béjaia.
- **BOUSLAH F., EL MOUEDDEB KH. et HAMZA M.E. (2016).** Les problèmes de qualité du blé dur après stockage en Tunisie [Durum wheat storage problems quality in Tunisia]. *International Journal of Innovation and Scientific Research, vol. 21,190-200.*
- **BOYACIOGLU M.H. et DAPPOLONIA B.L. (1994).** Durum wheat for bread making : Comparison of chemical, rheological and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours. *Cereal Chemistry.*
- **BRENNAN P., (1984).** La meunerie. In : céréales et oléagineux, manutention, commercialisation et transformation. Ed. Institut international de la Canada pour le grain, 1000-303 main street 3^{ème} éd.
- **CALVEL R., 1984.** La boulangerie moderne, eyerolles, 10^{ème} Edition Paris, 460-527.
- **CODEX ALIMENTARIUS, (2019).** Norme pour la semoule et la farine de blé dur. CXS 178-1991.
- **CODEX ALIMENTARIUS, (2019).** Norme pour le blé et le blé dur. CXS 199-1995.
- **CODEX STANDARD (152-1985).** Norme Codex pour la farine de blé.
- **DACOSTA Y., (1986).** Le gluten de blé et ses applications. Ed : Apria, Paris.
- **DHALGREN et CLIFFORD, (1985).** The Families of the Monocotyledons. Structure, Evolution and Taxonomy.
- **DOMANDJI A., DOUMANDJI S. et DOUMANDJI MITICHE B. (2000).** Cours de technologie des céréales, technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stock. Office des publications universitaires.

- **DUPIN H., CUQ J.L., MALEWIAK M.I., LEYNAUD-ROUAUD C. et BERTHIER A.M. (1992).** Alimentation et nutrition humaine. Paris : ESF. P : 1533.
- **FEILLET P., (2000).** Le grain de blé : Composition et utilisation. INRA. Paris. P : 23-34, 57,58,72,94,114,115,123,135,187,199,229,253,261.
- **FELDMAN M., (2001).** Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. The world Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited. Andover. Angleterre. P : 3-56.
- **FFAS, (2016).** Fond Français pour l'alimentation et la santé. Source Etat des lieux « Le gluten ». P : 1-7.
- **FRANCONIE H., CHASTANETM. et SIGAUT F. (2010).** Couscous, boulgour et polenta. Transformer et consommer les céréales dans le monde. Ed : Karthala, Paris.
- **FREDOT E., (2009).** Connaissance des aliments « Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique ». 2^{ème} éd. Paris : Lavoisier. P : 210-215.
- **GERRARD M., BOUDREAU A., BOULET M., GOULET J., MARTEL R., POULIOT Y. et SIMARD R. (1996).** L'homme et ses aliments. Initiation à la science des aliments. Les presses de l'université Laval.
- **GODON B., (1997).** Guide pratique des analyses dans les industries des céréales. Lavoisier, Paris. P : 819
- **GODON B. et LOISEL W. (1997).** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. 2^{ème} éd. Paris. Lavoisier. P : 76-78-79.
- **GODON B., (1998).** Les industries de premières transformations des céréales.
- **GODON B. et WILLM C. (1998).** Les industries de première transformation des céréales. 2^{ème} éd. Paris
- **GRIGNAC P., (1978).** Le blé dur : morphologie succincte. P : 83, 84 et 85.
- **HEMERY Y., ROUAU X., LULLIEN-PELLERIN V., BARRON C. et ABECASSIS J. (2007).** Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science*, vol. 46. P : 327–347.
- **Institut National de Recherche Agronomique. (2015).**
- **JEREMIE A., (2022).** La production et la consommation mondiale de céréales en 2022.
- **LADRAA N., (2012).** Aptitude à la panification de quelques variétés de blé dur Algérien. Ecole Nationale Supérieur d'agronomie El-Harrache. Alger. P : 21, 22.
- **LARPENT J.P., (1992).** La microbiologie de la fermentation panaire : Les produits et substrats de la panification.

- **LINDAHL L. et ELIASSON A.C. (1992).** A comparison of some rheological properties of durum and wheat flour doughs. *Cereal Chemistry* 69. P : 30-34..
- **MAUZE C., RICHARD M. et SCATTI G. (1972).** Contrôle de la qualité des blés. Guide pratique de l'industrie technique des céréales et des fourrages. Paris. P : 170-188.
- **OUHADDA H, (2016).** Essai de valorisation de la farine de blé dur par son incorporation dans la fabrication des pâtes alimentaires ; Mémoire de fin de cycle ; UMMTO. Algérie.
- **PATRICK F, (2006).** Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, de coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits ; Thèse de doctorat ; Université Laval-Quebec ; Canada. P : 293.
- **POMERANZ Y., (1983).** Molecular approach to bread making an update and new perspectives. *The bakers digest*.
- **SAADOUN C., PATY E. et SCHEINMANN P. (2002).** *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique Allergie au blé*. Ed scientifiques et médicales Elsevier SAS 42. P : 583-594.
- **SCHUHWERK D., NAKHFOROOSH A., KUTSCHKA S., BODNER G. et GRAUSGRUBER H. (2011).** Field screening of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) for drought tolerance. *Tagung der Vereinigung der Pflanzzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs*, 61. P : 147–154.
- **SOTKOVSKY P., SKLENAR J., HALADA P., CINOVAJ., SETINOVA I., KAINAROVA A., GOLIAS J., PAVLASKOVA K., HONZOVA S. et TUCKOVA L. (2011).** A new approach to the isolation and characterization of wheat flour allergens. *Clin Exp Allergy* 41(7).
- **SURGET A. et BARRON C. (2005).** Histologie du grain de blé. Industrie des céréales.
- **Syndicat des industriels fabricants de pâtes alimentaires de France, (2012).** Comité français de la semoulerie industrielle. Direction de l'information légale et administrative. Les éditions des *Journaux officiels*.
- **WILLIAMS S., (1998).** Commission canadienne des grains : Mise ou point de variétés et contrôle de la qualité du blé au Canada. P : 1-12.
- **ZAHOUR., (1992).** Eléments d'amélioration génétique des plantes. Ed. Actes. P : 223.

Annexes

Annexe I : Diagramme simplifié de la mouture de blé dur.

Annexe II :Fiche d'évaluation sensorielle.

Fiche d'évaluation sensorielle de la brioche

Age :

Sexe :

Couleur de la croûte

Produit \	Claire	Foncée
A		
B		
C		
D		

Couleur de la mie

Produit \	Claire	Foncée
A		
B		
C		
D		

Odeur

Produit \	Mauvais	Bon
A		
B		
C		
D		

Texture

Produit \	Tendre	Dure
A		
B		
C		
D		

Goût

Produit \	Mauvais	Moyen	Bon
A			
B			
C			
D			

Annexe III : Photos de matériel utilisé dans notre travail.



NUMIGRAL



Tamiseur (ROTEX)



NILEMA-LITRE



Tamis



Etuve



Four à moufle (NÜVE FURNACE)



Nacelles



Creusets



Dessiccateur

Annexe IV : Tableau de conversion du poids à l'hectolitre (PHL).

doucement de travail de laboratoire de contrôle de la qualité de l'upc de baghlia

Tableau de conversion des g/l en kg/h

g/l	kg/h	g/l	kg/h	g/l	kg/h	g/l	kg/h	g/l	kg/h	g/l	kg/h
610	61,55	659	66,55	708	71,45	757	76,35	806	81,30	855	86,20
611	61,75	660	66,65	709	71,55	758	76,45	807	81,40	856	86,30
612	61,85	661	66,75	710	71,65	759	76,55	808	81,50	857	86,40
613	61,95	662	66,85	711	71,75	760	76,65	809	81,60	858	86,50
614	62,05	663	66,95	712	71,85	761	76,75	810	81,70	859	86,60
615	62,15	664	67,05	713	71,95	762	76,85	811	81,80	860	68,70
616	62,25	665	67,15	714	72,05	763	76,95	812	81,90	861	68,80
617	62,35	666	67,25	715	72,15	764	77,05	813	82,00	862	68,90
618	62,45	667	67,35	716	72,25	765	77,15	814	82,10	863	87,00
619	62,55	668	67,45	717	72,35	766	77,25	815	82,20	864	87,10
620	62,65	669	67,55	718	72,45	767	77,40	816	82,30	865	87,20
621	62,75	670	67,65	719	72,55	768	77,50	817	82,40	866	87,30
622	62,85	671	67,75	720	72,65	769	77,60	818	82,50	867	87,40
623	62,95	672	67,85	721	72,75	770	77,70	819	82,60	868	87,50
624	63,05	673	67,95	722	72,85	771	77,80	820	82,70	869	87,60
625	63,15	674	68,05	723	72,95	772	77,90	821	82,80	870	87,70
626	63,25	675	68,15	724	73,05	773	78,00	822	82,90	871	87,80
627	63,35	676	68,25	725	73,15	774	78,10	823	83,00	872	87,90
628	63,45	677	68,35	726	73,25	775	78,20	824	83,10	873	88,00
629	63,55	678	68,45	727	73,35	776	78,30	825	83,20	874	88,10
630	63,65	679	68,55	728	73,45	777	78,40	826	83,30		
631	63,75	680	68,65	729	73,55	778	78,50	827	83,40		
632	63,85	681	68,75	730	73,65	779	78,60	828	83,50		
633	63,95	682	68,85	731	73,75	780	78,70	829	83,60		
634	64,05	683	68,95	732	73,85	781	78,80	830	83,70		
635	64,15	684	69,05	733	73,95	782	78,90	831	83,80		
636	64,25	685	69,15	734	74,05	783	79,00	832	83,90		
637	64,35	686	69,25	735	74,15	784	79,10	833	84,00		
638	64,45	687	69,35	736	74,25	785	79,20	834	84,10		
639	64,55	688	69,45	737	74,35	786	79,30	835	84,20		
640	64,65	689	69,55	738	74,45	787	79,40	836	84,30		
641	64,75	690	69,65	739	74,55	788	79,50	837	84,40		
642	64,85	691	69,75	740	74,65	789	79,60	838	84,50		
643	64,95	692	69,85	741	74,75	790	79,70	839	84,60		
644	65,05	693	69,95	742	74,85	791	79,80	840	84,70		
645	65,15	694	70,05	743	74,95	792	79,90	841	84,80		
646	65,25	695	70,15	744	75,05	793	80,00	842	84,90		
647	65,35	696	70,25	745	75,15	794	80,10	843	85,00		
648	65,45	697	70,35	746	75,25	795	80,20	844	85,10		
649	65,55	698	70,45	747	75,35	796	80,30	845	85,20		
650	65,65	699	70,55	748	75,45	797	80,40	846	85,30		
651	65,75	700	70,65	749	75,55	798	80,50	847	85,40		
652	65,85	701	70,75	750	75,65	799	80,60	848	85,50		
653	65,95	702	70,85	751	75,75	800	80,70	849	85,60		
654	66,05	703	70,95	752	75,85	801	80,80	850	85,70		
655	66,15	704	71,05	753	75,95	802	80,90	851	85,80		
656	66,25	705	71,15	754	76,05	803	81,00	852	85,90		
657	66,35	706	71,25	755	76,15	804	81,10	853	86,00		
658	66,45	707	71,35	756	76,25	805	81,20	854	86,10		

Résumé

Dans le monde, le blé dur est la céréale la plus consommée sous forme des pâtes alimentaire ou de couscous. Sa mouture génère des sous-produits dont la farine de blé dur est la plus représentée.

L'objectif de notre travail consiste à étudier l'aptitude à la panification de la 3SF. Pour cela, on a effectué des analyses physico-chimiques et technologiques (granulométrie, taux de cendres, l'humidité, taux de gluten, test de sédimentation, ...).

Pour la préparation de la brioche, on a réalisé des mélanges de 3SF avec la farine boulangère aux pourcentages de 25%, 50% et 75%.

Les résultats ont montré que la 3SF a une bonne aptitude à la panification. La qualité sensorielle de la brioche est jugée bonne pour tous les essais avec une couleur de croûte et de mie foncée, une bonne odeur caractéristique, une texture tendre et un bon goût, avec une préférence pour la formulation à base de 75% de 3SF.

Mots clés : blé dur, SSSF, farine boulangère, panification, brioche, analyse sensorielle.

Abstract

In the world, durum wheat is the most consumed cereal in the form of pasta or couscous. Its milling generates by-products of which durum wheat flour is the most represented.

The objective of our work is to study the bread-making ability of 3SF. For this, physico-chemical and technological analyzes were carried out (particle size, ash rate, humidity, gluten rate, sedimentation test, etc.).

For the preparation of the brioche, mixtures of 3SF were made with the baker's flour at percentages of 25%, 50% and 75%.

The results showed that 3SF has good bread-making ability. The sensory quality of the brioche is judged to be good for all the tests with a dark crust and crumb color, a good characteristic smell, a tender texture and a good taste, with a preference for the formulation based on 75% 3SF.

Key words : durum wheat, SSSF, bread flour, bread making, brioche, sensory analysis.