

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

# Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de **Master**

**Domaine** : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)

**Filière** : Sciences biologiques

**Spécialité** : Biochimie Appliquée

Intitulé du thème :

**La contribution à la fabrication d'un biscuit enrichie en fer.**

Présenté par : **Melle** BRAHMI Houria

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : **Mme** MEZIANI Samira (M.C.A/ UDL/SBA)

Examineur : **Mme** MEHIDA Hayet (M.C.A/ UDL/SBA)

Promoteur : **Mr** ZAIRI Mohamed (M.C.A/ UDL/SBA)

**Année universitaire 2019 - 2020**

**Session : « Septembre »**

# Remerciement

En premier lieu et avant tout, je pris *ALLAH* de m'avoir donné la volonté et le courage d'achever mes études.

Au terme de ce travail, je tiens à remercier notre enseignant et encadreur *Dr. ZAIRI Mohammed*, Maitre de conférences pour son aide précieuse, ses conseils, son objectivité, sa disponibilité, son rigueur scientifique, et ses précieux conseils qui ont fait progresser ce travail. Il m'est aussi d'un agréable devoir de vous adresser un grand merci pour la sympathie, la confiance et la liberté d'action dont j'ai bénéficié tout au long de la réalisation de ce travail.

Je tiens à exprimer ma respectueuse reconnaissance à *Dr. MEZIANI Samira*, Maitre de conférences pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence de jury de ce travail.

Mes reconnaissances vont également à *Dr. MEHIDA Hayet*, qui m'a fait l'honneur de bien vouloir examiner ce travail. Veuillez accepter mes plus vifs remerciements pour votre présence dans ce jury et soyez assuré de tout mon respect et de ma profonde gratitude

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

# Dédicace

*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail aux personnes  
qui me sont les plus chères :*

*Ma très chère maman Zineb à qui je dois tous mes succès et que je ne  
remercierai jamais assez ainsi qu'à Mon père Fetheddine,*

*Ma sœur : Radjaa*

*Mon frère : Mohamed*

*Toute la famille SEDJAI et BRAHMI.*

*Toutes mes amies, en particulier :*

*Farah, Ibtissem, Bouchra, Imene, Kheira et Samira,*

*A toute la promotion de « Biochimie Appliquée » 2019-2020*

*A tous ceux que j'aime et je respecte.*

## ملخص

يعتبر نقص الحديد هو الأكثر انتشارًا والأكثر استجابة لاضطراب التغذية في جميع أنحاء العالم ، مما يؤثر على عدد كبير من الأطفال والبالغين. "إغناء الطعام" هو أحد أكثر الاستراتيجيات فعالية للسيطرة على هذا النقص.

و يتم هذا العمل بهدف [نع بسكويات مدعم بالحديد للأشخاص المصابين بفقر الدم و منحهم خيار تناول هذا البسكويات بدلا من الدواء.

لتحقيق هذا الهدف ، تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والحسية ، اخترنا المدعم " فيرو سانول جين " بجرعة 4 مليجرام من الحديد لكل 100 جرام من الدقيق. قمنا بتحليل فيزيائية و كيميائية قبل و بعد التدعيم . البسكويات المحضر (بالشوكولاتة و الفانيليا) خضع لتقييم حسي لتحديد تأثير إغناء الدقيق بالحديد على الخصائص الحسية.

**الكلمات المفتاحية :** دقيق ، حديد ، بسكويات ، مدعم بالحديد ، فقر الدم ، نقص الحديد.

## Résumé

La carence en fer est le trouble nutritionnel le plus commun et le plus répandu dans le monde, elle touche un grand nombre des enfants et des adultes. « La fortification des aliments » est l'une des stratégies les plus efficaces pour lutter contre cette carence.

Le présent travail est réalisé dans l'objectif de la fabrication d'un biscuit enrichi en fer pour les personnes anémiques et aussi fournir pour ces derniers le choix de prendre ce biscuit au lieu de médicament.

Pour atteindre cet objectif des analyses physico-chimiques et organoleptiques ont été effectuées, nous avons choisi le fortifiant « ferro sanol gyn » avec une dose de 4 mg de fer pour 100g de la farine. Nous avons effectué des analyses physico-chimiques de la farine avant et après l'enrichissement. Les biscuits (au chocolat et à la vanille) préparés fortifiés et non fortifiés ont subi une évaluation sensorielle pour déterminer l'influence de l'enrichissement de la farine par le fer sur les caractéristiques organoleptiques du biscuit.

**Mots clés :** Farine , fer , biscuit , fortification en fer , anémie ferriprive , carence en fer .

## **Abstract**

Iron deficiency is the most common and most widely responded to nutritional disorder in the world, affecting a large number of children and adults. "Food fortification" is one of the most effective strategies for controlling this deficiency.

The present work is carried out with the objective of making an iron fortified cookie for people with anemia and also providing them with the choice to learn this cookie instead of medication.

To achieve this objective, physico-chemical and organoleptic analyzes were carried out, we chose the fortifier « ferro sanol gyn » with a dose of 4 mg of iron per 100g of the flour. physico-chemical analyzes of flour before and after enrichment. Both fortified and unfortified prepared cookies (chocolate and vanilla) underwent sensory evaluation to determine the influence of flour fortification with iron on the organoleptic characteristics of the cookie.

**Key words :** Flour, iron, biscuit, iron fortification, iron deficiency anemia, iron deficiency.

# Sommaire

*Liste des abréviations*

*Liste des tableaux*

*Liste des figures*

*Introduction.....1*

## *PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE*

### *Chapitre I*

I.1. Généralités sur le blé.....2

I.1.1.Description.....2

I.1.2.Histologie du grain du blé.....2

I.1.3.Compositions biochimique du grain de blé.....2

I.2. Généralités sur la farine.....3

I.2.1. Définition de la farine.....3

I.2.2.Composition chimique de la farine.....4

I.2.3.Les types de farines .....4

I.2.4.Caractéristique physico-chimiques.....5

I.3.Les biscuits.....6

I.3.1.Définition du biscuit.....6

I.3.2.Historique des biscuits.....6

I.3.3.La classification des biscuits.....6

I.3.4.Composition nutritionnelle des biscuits.....7

### *Chapitre II*

II. De la carence en fer à l'anémie ferriprive.....9

II.1. Le fer .....9

II.1.1 Le fer dans l'organisme (Rappel physiologique).....9

II.1.2. Le fer dans l'alimentation.....	9
II.1.3 .Apports recommandés.....	10
II.1.4. Les pertes en fer.....	10
II.2. La carence en fer.....	11
II.2.1.Généralités.....	11
II.2.2.Facteurs de risque de la carence en fer.....	11
II.2.3. Définition de l'anémie.....	11
II.2.4. Définition de l'anémie ferriprive.....	12
II.2.5. Aspect épidémiologique.....	12

### *Chapitre III*

III. La fortification des aliments une stratégie de lutte contre l'anémie.....	14
III.1.La fortification alimentaires.....	14
III.2.Les avantages de la fortification alimentaire.....	14
III.3.La fortification en fer de la farine.....	15
III.4.Choix du composé d'enrichissement en fer.....	16
III.5. Fortification de farine en fer dans le monde.....	18

## *PARTIE EXPERIMENTALE*

IV. Matériel et méthode.....	19
IV.1.Caractérisation physico-chimique de farine utilisée dans la fabrication des farines-biscuits.....	19
IV.1.1. Granulométrie ou taux d'affleurement.....	19
IV.1.2. Détermination de la teneur en eau.....	19
IV.1.3. Détermination de la teneur en cendre.....	20
IV.1.4. Détermination de la teneur en amidon.....	21
IV.1.5. Détermination de la teneur en amidon endommagé.....	21
IV.1.6. Détermination de la teneur en protéine.....	21

IV.1.7. Détermination de l'activité enzymatique ( l'indice de chute ).....	22
IV.1.8. Détermination de la teneur en gluten.....	22
IV.1.8.1. gluten humide.....	22
IV.1.8.2. gluten sec.....	23
IV.1.8.3. gluten index.....	23
IV.1.8.4.Capacité d'hydratation du gluten.....	24
IV.1.9. Détermination des propriétés rhéologique par l'alvéographe.....	24
IV.2.Matières premières.....	25
IV.2.1.La farine .....	25
IV.2.2. La matière grasse.....	26
IV.2.3.Le sucre.....	26
IV.2.4.Les œufs.....	26
IV.2.5.La vanille.....	26
IV.2.6.La maïzena.....	26
IV.2.7.La poudre de cacao.....	27
IV.2.8.La levure chimique.....	27
IV.2.9.Le complément alimentaire.....	27
IV.3.Dose de fer.....	27
IV.4.Matériels de production de biscuit.....	27
IV.5.Préparation du biscuit.....	28
IV.5.1.Les ingrédients.....	28
IV.5.2.Préparation des pâtes.....	28
IV.5.3. Pétrissage.....	29
IV.5.4.Mise en forme.....	29
IV.5.5. Cuisson.....	29
IV.5.6.Refroidissement.....	29
IV.5.7. Conditionnement.....	29

IV.6.Analyse sensorielle.....	31
IV.6.1.Panel ou jury de dégustation.....	31
IV.6.2. Codage des échantillons.....	31
IV.6.3. Préparation des échantillons.....	31
IV.6.4. Déroulement du test.....	31
IV.7.Analyse statistique.....	32
V. Résultats et discussion.....	33
V.1. Caractéristiques physico-chimiques de la farine .....	33
V.1.1. Granulométrie ou taux d'affleurement.....	33
V.1.2. Détermination de la teneur en eau.....	33
V.1.3. Détermination de la teneur en cendre.....	33
V.1.4. Détermination de la teneur en amidon.....	33
V.1.5. Détermination de la teneur en amidon endommagé.....	34
V.1.6. Détermination de la teneur en protéine.....	34
V.1.7. Détermination de l'activité enzymatique ( l'indice de chute ).....	34
V.1.8. Détermination de la teneur en gluten.....	35
IV.1.8.1. gluten humide.....	35
IV.1.8.2. gluten sec.....	35
IV.1.8.3. gluten index.....	35
IV.1.8.4.Capacité d'hydratation du gluten.....	35
V.1.9. Détermination des propriétés rhéologique par l'alvéographe.....	35
Conclusion.....	36

Références bibliographique

Annexes

# Liste des abréviations

**FAO** : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

**FIDA** : Le Fonds international de développement agricole

**UNICEF** : Le Fonds des Nations unies pour l'enfance

**PAM** : Programme alimentaire mondial.

**OMS** : L'Organisation mondiale de la santé

**ANC** : Apport nutritionnel conseillé

**NA** : Norme Algérienne

**mg/j** : milligramme par jour

**%** : Pourcentage.

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**ONS** : Office National des Statistiques

**PNS** : Projet de Nutrition Communautaire

**Kg** : Kilogramme

**µm** : micromètre .

**E322** : Agents de texture d'origine naturelle d'œufs. Sans risques connus sauf en cas d'allergie connue aux œufs (lécithine d'œuf).

**E471** : Mono- et diglycérides d'acides gras.

**E330** : Acide citrique .

**E202** : Sorbate de potassium.

**E307** : Alpha-tocophéro.

**SIN 450** : Pyrophosphate de sodium.

**SIN 500** : bicarbonate de sodium.

# Liste des Tableaux

<b>Tableau 01:</b> Composition chimique des différentes parties d'un grain de blé : Valeurs moyennes et écarts courants exprimés en % de la matière sèche de la partie considérée.	<b>3</b>
<b>Tableau 02:</b> Composition de la farine de blé tendre par 100 g .	<b>4</b>
<b>Tableau 03 :</b> Type des farines.	<b>4</b>
<b>Tableau 04 :</b> Caractéristiques physico–chimiques de la farine du blé tendre .	<b>5</b>
<b>Tableau 05 :</b> Composition nutritionnelle pour 100 g de biscuits secs	<b>7</b>
<b>Tableau 06 :</b> Apports nutritionnels conseillés en fer	<b>10</b>
<b>Tableau 07 :</b> Solubilité et biodisponibilité des composés de fer utilisés pour l'enrichissement des aliments.	<b>17</b>
<b>Tableau 08 :</b> Composition globale de la farine du commerces (Safina) tel que déclaré sur l'emballage.	<b>26</b>
<b>Tableau 9:</b> Composition d'une gélule de « ferro sanol gyn ».	<b>27</b>
<b>Tableau 10 :</b> Les ingrédients utilisés pour la préparation de biscuit.	<b>28</b>
<b>Tableau 11 :</b> Les codes des échantillons et leurs significations.	<b>31</b>



# Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Structure du grain de blé.	<b>2</b>
<b>Figure 2 :</b> Perte de fer pendant le broyage	<b>15</b>
<b>Figure 3:</b> Courbe alvéographique avec indication des différents paramètres mesurés.	<b>24</b>
<b>Figure 4:</b> Complément alimentaire « ferro sanol gyn ».	<b>27</b>
<b>Figure 5:</b> Diagramme de production de biscuit.	<b>30</b>

# INTRODUCTION

## Introduction

Les vitamines et les minéraux sont des éléments essentiels à la croissance, au métabolisme et au maintien d'un corps sain et les carences en ces nutriments ont entraîné des conséquences physiques et cognitives irréversibles, car ces composés jouent un rôle important dans le fonctionnement normal de presque tous les organes [1].

La FAO, le FIDA, l'UNICEF, le PAM, et l'OMS (2018) ont estimé que des milliards de personnes manquent de différents types de vitamines et de minéraux. Révéler cela dans plusieurs pays, les femmes et les enfants souffrent de graves carences par des quantités insuffisantes de vitamines, d'acides aminés et de minéraux, plus précisément la vitamine A, la vitamine D, le fer, le zinc et probablement d'autres micronutriments [2].

La carence en fer est la carence nutritionnelle la plus répandue dans le monde : selon les Nations Unies [3], elle toucherait 2,15 milliards d'individus soit un tiers de la population mondiale, tout spécialement les femmes et les jeunes enfants, à un stade avancé de la carence, la baisse de l'hémoglobine est cause d'anémie [4].

Pour traiter les déficiences en micronutriments, il y a quatre stratégies de base : fortification alimentaire, suppléments, diversification alimentaire et d'autres mesures de santé [5].

La fortification des aliments est l'une des méthodes qui a été de plus en plus appliquée et adressée à tous les groupes d'âge, étant largement utilisée pour minimiser la carence en micronutriments. En plaçant les micronutriments dans les produits alimentaires consommés quotidiennement [6].

En tant qu'aliment de base commun dans de nombreux pays, la farine est souvent considérée comme l'un des véhicules les plus appropriés pour la fortification multi-micronutriments [7]. La plupart des produits de boulangerie peuvent être facilement enrichis et enrichis en protéines, vitamines et minéraux pour répondre aux besoins spécifiques des groupes cibles de la population [8].

En revanche, Les biscuits ont un potentiel considérable pour jouer un rôle de véhicule alimentaire dans la lutte contre la malnutrition. La valeur nutritionnelle des biscuits peut être augmentée par complémentation ou fortification avec un grand nombre d'ingrédients nutritionnels, particulièrement riches en protéines, vitamines et minéraux [9]

La présente étude a pour objective la fabrication d'un biscuit enrichie en fer .Outre la définition d'un niveau de fortification de farine , nous devons étudier l'impact de cette fortification sur trois paramètres de cette dose : qualité organoleptique , caractéristiques physico-chimiques des biscuits préparés à partir des farines fortifiées .

# SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

# CHAPITRE 1

## I.1. Généralités sur le blé

### I.1.1. Description

Le blé est une plante herbacée monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae. Les deux espèces dominantes sont le blé tendre « *Triticum aestivum* » et le blé dur « *Triticum durum* » [10]. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments [11].

### I.1.2. Histologie du grain de blé

Le grain de blé est formé de trois parties (figure 1):

- ✓ L'albumen: constitué de l'albumen amylicé au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles et de la couche à aleurone (80-85% du grain).
- ✓ Les enveloppes de la graine et du fruit, formées de six tissus différents: épiderme, nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe ou épicarpe (3-17%).
- ✓ Le germe (3%), composé d'un embryon lui-même formé du coléoptile, de la gémme, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe et du scutellum.

La longueur des grains est comprise entre 5 et 8 mm, sa largeur entre 2 et 4 mm, son épaisseur entre 2,5 et 3,5 mm [12].

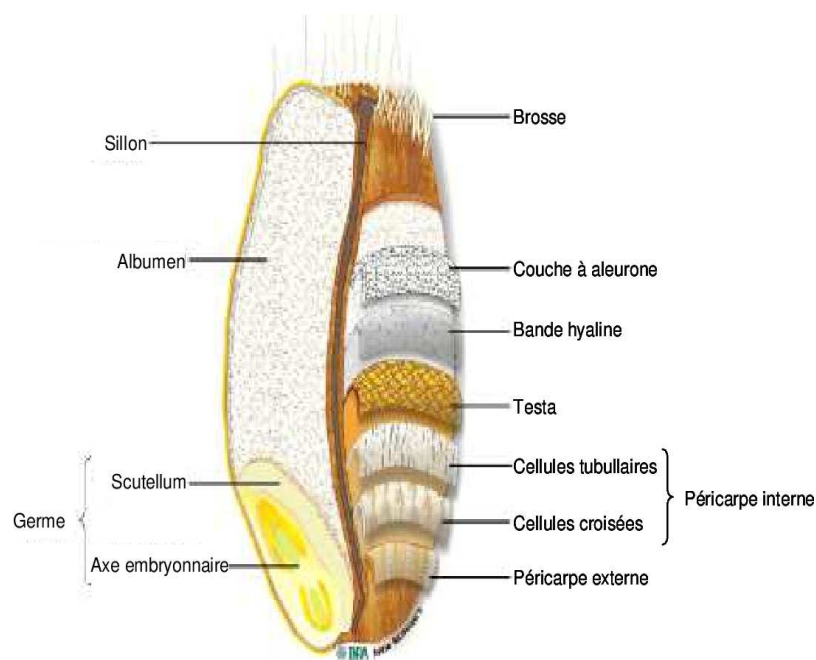


Figure 1 : structure du grain de blé (SURGET et BARRON, 2005)

### I.1.3. Compositions biochimique du grain de blé :

Le grain de blé est constitué principalement d'amidon (environ de 70%), de protéines (10 à 15%) et de pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants qui se trouvent en quantités faibles, sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines [12].

Le tableau 1 représente la composition biochimique d'un grain de blé.

**Tableau 01:** Composition chimique des différentes parties d'un grain de blé : Valeurs moyennes et écarts courants exprimés en % de la matière sèche de la partie considérée [13].

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

## I.2. Généralités sur la farine

### I.2.1. 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 [14].

La farine de blé tendre est constituée majoritairement de polymères glucidiques (amidon et pentosanes), d'eau, de protéines (hydrosolubles et insolubles), et de lipides. La farine ne comporte pas d'arômes volatils, mais les enzymes endogènes vont générer des précurseurs de composés d'arômes. [15].

### I.2.2.Composition chimique de la farine :

Le tableau(2) représente la composition chimique de la farine de blé tendre.

**Tableau 02:** Composition de la farine de blé tendre par 100 g [16].

	Protéine (g)	Glucides (g)	Lipides (g)	Fe (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)	Eau (g)
Farine de blé tendre panification	10,4	71,5	1,15	0,9	19,5	24,9	13,6

### I.2.3.Les types de farines :

C'est par le poids des cendres contenu dans 100 grammes de matières sèche que l'on désigne .Les différentes types de farines en fonction du taux d'extraction sont mentionnées dans le (tableau3) [17].

**Tableau 03 :** Type de farines.

Type	Taux de Cendres 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.

**T 45 :** Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.

**T 55 :** Farine utilisée pour le pain de campagne.

**T 65 :** Farine blanche sert à faire le pain de compagne, ou tout autre pour dit tradition généralement issue de l'agriculture biologique cette dernière ne contient pas d'acide ascorbique (vitamine C)

**T 80 :** Farine bise au semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologiques sert à faire le pain semi complet.

**T 110 :** Farine complète.

**T 150 :** Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet.

### **I.2.4. Caractéristique physico-chimiques des farines :**

Les caractéristiques de la farine sont les suivantes : [18]

#### **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 % selon les normes Algériennes (NA 11 –32 –1991)].

**Teneur en cendre :** La détermination du taux des matières minérales, principalement réparties dans les enveloppes et les germes, qui donnent une indication sur le taux d'extraction pour le meunier [0.67 % Tolérance 0.00 (NA 733)].

**Taux en protéine :** La teneur en protéines, par son intérêt technologique et nutritionnel, est un élément de la valeur d'utilisation du blé.

**Acidité :** Les mauvaises conditions de conservation s'accompagnent par d'autres phénomènes, 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 avec tolérance qui oscille de 0.045% à 0.01. Dans le tableau 4 sont mentionnées les caractéristiques physico-chimiques de la farine du blé tendre.

**Tableau 04 :** Caractéristiques physico–chimiques de la farine de blé tendre.

Caractéristiques des farines de blé tendre	
<b>Teneur en eau %</b>	≤15,5
<b>Teneur en cendre (MS%)</b>	0,56-0,67 farine courante <0,6 farine supérieure
<b>Teneur en protéine (MS%)</b>	>8
<b>Acidité en g/l de H2SO4</b>	0,045-0,05
<b>Teneur en lipides (MS%)</b>	<1,4

### **I.3. les biscuits**

#### **I.3.1.Définition du biscuit :**

L'origine du mot biscuit est "Bis-Cuit", qui signifie subir une double cuisson. A ses débuts, le biscuit étant en effet une sorte de galette nécessitant une première cuisson, puis un passage dans des compartiments au-dessus du four ou dans une étuve pour terminer l'évaporation de son humidité [19].

C'est un aliment à base de farine alimentaire, des matières grasses, matière sucrantes et d'autres ingrédients. La composition des biscuits varie énormément selon leur type [20].

#### **I.3.2.Historique des biscuits**

Les origines des biscuits et gâteaux remontent à une dizaine de milliers d'années lorsque la bouillie de céréales devint galette, premier aliment susceptible d'être conservé. Au début c'était des produits consommés par les Pharaons égyptiens, les grecs et les romains. En effet, la biscuiterie est d'origine égyptienne, environ 2500 ans avant JC.

L'étymologie du mot biscuit est donnée par Jean de Joinville (1224-1317), un chroniqueur français et conseiller de Saint-Louis, qui a parlé de ces petits pains cuits deux fois appelés besquis. C'est un terme venant du latin « panisbiscotus » qui signifie « pain cuit deux fois » [21].

### I.3.3. La classification des biscuits :

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications.

Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson [22]:

- Les pâtes dures ou semi dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse-croûte, sablés, petit beurre, etc. C'est une fabrication sans œufs.
- Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle. Il s'agit à la fois de biscuits secs, et d'articles moelleux tels que génoises. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses.
- Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes.

### I.3.4. Composition nutritionnelle des biscuits

La composition nutritionnelle d'un biscuit est fonction de la catégorie de biscuit, particulièrement de la recette (Tableau 05).

Dans les biscuits secs, il y a une prédominance des matières céréalières environ 72%, de l'amidon 51,5% ; ils contiennent une bonne teneur en protéines et en fibres [23]. Les biscuits secs se distinguent des autres produits céréaliers par leur faible teneur en eau : 1 à 5% contre 15 à 30% pour les gâteaux et 35 à 40% pour les pains [24]. Du fait de leur teneur faible en eau, les biscuits secs ont une densité énergétique élevée. La teneur en lipides des biscuits secs est estimée à 12% [23].

**Tableau05** : Composition nutritionnelle pour 100 g de biscuits secs [23].

Eléments Nutritionnels	Glucides simples	Matières grasses	Protéines	Fibres	Humidité	Energie en Kcal
Teneur (en g/100g)	22,5	12,0	8,0	3,0	2,0	435

# CHAPITRE 02

### **I. De la carence en fer à l'anémie ferriprive**

#### **I.1. Le fer**

##### **I.1.1. Le fer dans l'organisme (Rappel physiologique)**

Le fer est un métal essentiel pour tous les organismes, jouant un rôle structurel et fonctionnel pour de nombreuses protéines, notamment celles qui sont impliquées dans le transport et le stockage de l'oxygène, la synthèse d'ADN et le transport d'électrons. Ces fonctions, vitales pour les cellules, sont possibles grâce aux propriétés d'oxygénation et d'hydroxylation du fer [25,26]. La quantité totale de fer dans le corps est d'environ 4 g avec 2,5 g d'hémoglobine [27].

Le stock de fer de l'organisme est d'environ 4 g chez l'adulte. 60% à 70 % de ce fer est localisé dans les hématies, 10 à 20 % dans différentes cellules et organes (cytochrome et enzymes). Le reste est stocké sous forme de ferritine dans les hépatocytes et les macrophages [28].

Concernant le globule rouge, le fer est un facteur limitant de l'érythropoïèse puisqu'il est indispensable à la synthèse de l'Hb dans les précurseurs érythropoïétiques de la moelle osseuse. Intégré dans l'hème, il établit des liaisons permettant le transport tissulaire d'oxygène mais aussi de dioxyde de carbone, de protons [29,30].

Le métabolisme du fer est caractérisé par une grande stabilité qui concerne à la fois l'organisme dans sa globalité et l'unité cellulaire. Tout déséquilibre peut aboutir à des situations de carence ou d'excès en fer qui vont être délétères.[31]

##### **I.1.2. Le fer dans l'alimentation**

Le fer est exclusivement apporté par l'alimentation qui, équilibrée, permet de couvrir les besoins quotidiens en fer. Il existe deux formes de fer alimentaire : le fer héminique qui se trouve dans les viandes et les poissons (hémoglobine ou myoglobine), fer bien absorbé par l'organisme (15 à 35 %) et le fer non héminique qui se trouve dans les céréales, les légumineuses, les fruits et les légumes. L'absorption du fer non héminique par l'organisme est beaucoup plus faible que celle du fer héminique (2 à 20 %) [32].

Le fer apporté par l'alimentation est plus ou moins bien absorbé (1 à 2 mg absorbés par jour), une partie de ce fer est éliminée chaque jour (1 à 2 mg), c'est l'homéostasie du fer. Pour maintenir une quantité suffisante de fer dans l'organisme, et en particulier dans le pool métabolique (globules rouges et moelle hématopoïétique), il faut remplacer les pertes par des apports alimentaires. Si les apports sont insuffisants par rapport aux pertes, il s'installe un déséquilibre avec une carence en fer qui a des conséquences sur la santé [33].

**I.1.3. Apports recommandés**

Une fois pris en compte le besoin moyen en fonction de l'âge (les besoins de la croissance sont considérables), du sexe (pertes menstruelles comprises entre 10 et 15 mg de fer par mois chez les femmes) et du coefficient d'absorption du fer, fixé à 10% en moyenne, les apports conseillés s'établissent à 9 mg/j pour les hommes adultes, à 13 mg/j pour les adolescents, à 16 mg/j pour les femmes adultes non ménopausées et les adolescentes, à 7 mg/j pour les enfants de 1 à 9 ans, et 20 mg/j pour les femmes enceintes. Chez le sujet âgé, l'absorption du fer n'est pas diminuée et rien ne justifie une augmentation des ANC [34]. Le (tableau 6) les apports nutritionnels conseillés en fer en fonction des catégories de personnes.

**Tableau 06 : Apports nutritionnels conseillés en fer (mg/jour) [35].**

Catégories		Apports nutritionnels conseillés (mg/j)
Nourrissons		7
Enfants	1-9 ans	7
	10-12 ans	10
Adolescents 13-19 ans	Garçons	13
	Filles	16
Adultes	Hommes	9
	Femmes menstruées	16
	Femmes enceintes	30
	Femmes allaitants	10
	Femmes ménopausées	9

**I.1.4. Les pertes en fer**

Elles sont minimes, estimées à 1 mg/jr sont. Elles sont essentiellement digestives : desquamation des cellules épithéliales intestinales, micro saignements et pertes biliaires. Du fer est également perdu lors de la desquamation cutanée à un moindre niveau dans les urines, l'élimination sudorale étant négligeable. Chez l'homme elles sont minimes estimées à 1mg/jour tandis qu'elles sont plus importantes chez la femme du fait des hémorragies menstruelles ; chez 50% des femmes me perte est de 1,5mg/jour, chez 10% supérieur à 2 mg/jour [36].

### **I.2. La carence en fer**

#### **I.2.1. Généralités**

La carence martiale est la cause la plus fréquente d'anémies dans le monde. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), elle toucherait 2,15 milliards de personnes soit 1/3 de la population mondiale [37].

La sensibilité à une carence en fer varie selon le stade du cycle de vie. En général, les jeunes enfants et les femmes enceintes, en raison de la forte demande de fer pour la croissance, sont les populations les plus vulnérables [38].

La carence en fer résulte d'un déséquilibre entre les apports en fer et les besoins de l'organisme liés à la croissance, l'accélération du métabolisme et la synthèse de différentes molécules contenant ce métal [39]. Elle se développe en 3 étapes. La première étape ou la carence en fer se caractérise par une absence de réserves de fer mesurables. Dans la seconde, également appelée la carence en fer, des preuves d'un apport limité en fer sont prouvées. La troisième, la plus grave, est le stade d'anémie ferriprive caractérisé par un taux d'hémoglobine inférieur au seuil normal pour l'âge et le sexe [40].

#### **I.2.2. Facteurs de risque de la carence en fer**

La carence martiale se manifeste lorsqu'une quantité insuffisante de fer est absorbée pour satisfaire la demande de l'organisme. Cette insuffisance peut être due à [41]:

- Une carence d'apport en fer
- Une biodisponibilité réduite du fer présent dans l'alimentation.
- Des pertes de sang chroniques
- Une augmentation des besoins en fer

Un certain nombre de facteurs ont été avancés pour expliquer la prévalence de l'anémie par carence en fer à l'échelle mondiale. Ces facteurs peuvent être soit intrinsèques à la personne (âge, sexe, statut physiologique et infectieux) soit extrinsèques, dus à l'environnement (régime alimentaire).

### **I.2.3. Définition de l'anémie**

L'anémie est un état pathologique dans lequel le nombre des hématies (donc la capacité de transport de l'oxygène) est insuffisant pour répondre aux besoins physiologiques de l'organisme.

Selon l'organisation mondiale de santé (OMS) l'anémie est définie comme diminution de la quantité d'Hb au-dessous de [42] :

- 13 g/dl chez l'homme ;
- 12 g/dl chez la femme adulte ;
- 11 g/dl chez la femme enceinte.

### **I.2.4. Définition de l'anémie ferriprive**

L'anémie ferriprive est la diminution du taux d'hémoglobine dans le sang due au manque de fer dans l'organisme. C'est la plus fréquente des anémies. Le manque de fer retentit surtout sur la fabrication de l'hème, molécule de l'hémoglobine, et donc sur la synthèse des globules rouges. En dehors du défaut d'apport, les causes d'anémie par carence martiale sont multiples et peuvent être séparées en deux grandes entités : une malabsorption ou une augmentation de la perte en fer [43].

### **I.2.5. Aspect épidémiologique**

En Algérie, selon les données de l'Office national des statistiques (ONS), 20% d'entre eux souffrent de carence en fer, notamment les femmes et les jeunes[44].

Au Maroc, selon les résultats d'une enquête faite à l'échelle nationale par le Ministère de la santé publique, la carence en fer touche environ 45 % des femmes enceintes, 35% des enfants entre 6 mois et 5 ans, 31% des femmes en âge de procréer et seulement 10% des hommes. Ces résultats sont basés sur le taux d'hémoglobine et de la ferritine sérique dont la valeur inférieure à 12ug/litre est considérée comme anormale.

En Tunisie 94,6% des femmes en âge de procréer seraient touchées; 92,5% des femmes ménopausées et des hommes tandis que les enfants en âge préscolaire, la prévalence serait de 22% [45].

Au Mali 43% de la population souffrent de cette carence selon les dernières estimations et au Sénégal une étude opérationnelle menée en 1999 dans le cadre du Projet de Nutrition

Communautaire (PNC) par l'Institut de Pédiatrie Sociale a permis d'établir le diagnostic situationnel de l'anémie avec une prévalence de 65 % chez les enfants[46].

Dans les pays développés, la prévalence varie selon l'examen ou les examens de dépistage utilisés ; en effet étant donné que la ferritinémie varie avec certains paramètres (sexe, inflammation, âge) des critères plus stricts peuvent être ajoutés. Ainsi, en utilisant la ferritinémie comme marqueur de carence, la prévalence de la carence martiale serait 30% chez les femmes américaines et 33% chez les suédoises selon l'étude NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) [47].

# CHAPITRE 03

### III. la fortification des aliments une stratégie de lutte contre l'anémie

#### III.1. La fortification alimentaire

Aujourd'hui la fortification alimentaire définie comme l'ajout d'un ou plusieurs nutriments essentiels dans un aliment véhicule et largement consommé par la population à risque de carence en micronutriments prend de plus en plus de place dans les stratégies de lutte contre les carences en micronutriments. Son utilité réside dans le fait qu'elle constitue d'une part un moyen à long terme pour corriger les carences en micronutriments, elle peut être ciblée par rapport aux besoins d'une population donnée, mais aussi par le fait que c'est une stratégie à grande échelle. Elle présente, par ailleurs, l'avantage de permettre la prise en compte simultané de plusieurs types de carences et ne nécessite aucune forme de changement des habitudes alimentaires des populations [48].

#### III.3. Les avantages de la fortification des aliments

Etant une approche basée sur les aliments, l'enrichissement des aliments offre un certain nombre d'avantages par rapport à d'autres interventions visant à prévenir et à contrôler la carence en micronutriments. Ceux-ci inclus [49] :

- S'ils sont consommés de façon régulière et fréquente, les aliments enrichis maintiendront les réserves corporelles de nutriments plus efficacement et plus efficacement que les suppléments intermittents. Les aliments enrichis réduisent également mieux le risque de carences multiples pouvant résulter de déficits saisonniers dans l'approvisionnement alimentaire ou d'une alimentation de mauvaise qualité.
- L'enrichissement des aliments largement distribués et largement consommés a le potentiel d'améliorer l'état nutritionnel d'une grande partie de la population, à la fois pauvre et riche.
- L'enrichissement ne nécessite ni modification des schémas alimentaires existants - qui sont notoirement difficiles à réaliser, en particulier à court terme - ni conformité individuelle.
- Dans la plupart des contextes, le système de livraison des aliments enrichis est déjà en place, généralement par le biais des secteurs privés.
- Dans la plupart des cas, il est possible d'enrichir simultanément les aliments avec plusieurs micronutriments.
- Lorsqu'elle est correctement réglementée, l'enrichissement comporte un risque minimal de toxicité chronique.
- L'enrichissement est souvent plus rentable que d'autres stratégies, surtout si la technique existe déjà et si un système de distribution alimentaire approprié est en place

### III.1. La fortification en fer de la farine

Depuis le début, les céréales et les produits céréaliers ont été les principaux composants de l'alimentation humaine dans le monde. Les principales cultures céréalières comprennent le blé, le riz, le maïs et l'orge [50].

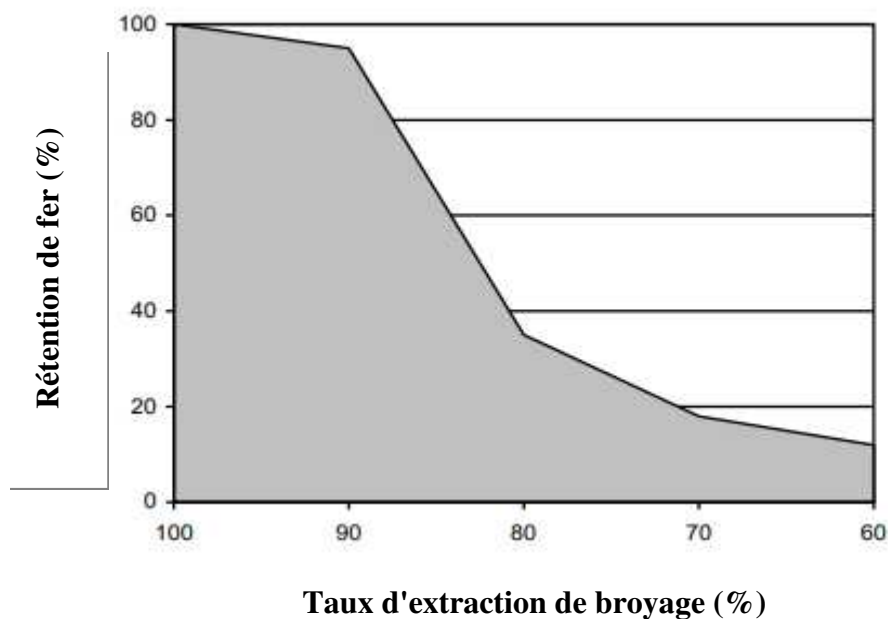
Dès le début des années 1940, l'enrichissement des produits céréaliers en thiamine, riboflavine et niacine est devenu une pratique courante. La margarine a été enrichie en vitamine A au Danemark et le lait en vitamine D aux États-Unis d'Amérique. Les aliments destinés aux jeunes enfants ont été enrichis en fer, une pratique qui a grandement réduit le risque d'anémie ferriprive dans ce groupe d'âge [51].

L'enrichissement en fer des aliments est considéré comme la meilleure approche pour combattre ou prévenir à long terme une carence en fer [52].

La farine de blé est considérée comme l'un des véhicules les plus appropriés pour l'enrichissement en plusieurs micronutriments en raison de sa consommation mondiale et compte tenu de la forte consommation de pain et de pâtes à l'échelle mondiale [53].

Mais en raison du broyage et du raffinage, bon nombre de ces composants nutritifs peuvent être perdus. Par conséquent, le produit de farine finale ne sera pas aussi nutritive [54]. Environ les deux tiers du fer naturellement présent dans la farine sont perdus lors de la mouture; le montant varie en fonction du taux d'extraction (figure 2) [55].

**Figure 2 : Perte de fer pendant le broyage**



### III.2. Choix du composé d'enrichissement en fer

Les biscuits sont consommés par des gens de tous âges. Ils sont produits en mélangeant de la farine et/ou de l'amidon avec d'autres ingrédients par un processus de pétrissage, fermentés ou non, et ils peuvent contenir différentes garnitures, formes et textures. Leur longue durée de conservation permet une production à grande échelle et une large distribution. La farine de blé est l'ingrédient principal dans les formulations de biscuits, fournissant ainsi une matrice dans laquelle les autres ingrédients sont mélangés pour former la pâte [56].

Les minéraux sont plus résistants aux processus de fabrication que des vitamines. Cependant, ils subissent des changements lorsqu'ils sont exposés à chaleur, air ou lumière. Les minéraux tels que le cuivre, le fer et le zinc sont également affectés par l'humidité et peuvent réagir avec d'autres composants alimentaires comme les protéines et les glucides [57,58]

Un des principaux gages de succès de l'enrichissement en fer est de choisir un composé présentant une biodisponibilité élevée, avec des caractéristiques sensorielles stables et qui n'altère ni le goût, ni la texture, ni l'odeur de l'aliment qui va le véhiculer [59].

Les composés peu solubles dans l'eau mais solubles en milieu acide présentent une bonne absorption avec l'avantage d'avoir moins d'effets organoleptiques. Les composés peu solubles en milieu acide ne provoquent pas de modifications organoleptiques mais leur absorption est très variable du fait de leur faible solubilité dans le suc gastrique. Enrichir un aliment consiste donc à trouver le meilleur compromis entre biodisponibilité et effets organoleptiques indésirables [60].

Les principaux fortifiants de choix pour l'enrichissement de la farine de blé sont l'éthylènediamine-tétracétique de fer sodique (NaFeEDTA), le sulfate ferreux et le fer élémentaire. Le sulfate ferreux est préféré dans de nombreux cas en raison de son faible coût et de sa biodisponibilité élevée; cependant, il est relativement instable, ce qui raccourcit la durée de conservation de la farine. Le fer élémentaire est également plus stable que le sulfate ferreux, et il n'y a aucune indication d'interactions négatives avec d'autres nutriments enrichissants, bien que sa biodisponibilité soit inférieure à celle d'autres fortifiants [61,62]

**Tableau 07** : Solubilité et biodisponibilité des composés de fer utilisés pour l'enrichissement des aliments [63].

Composé	Teneur en fer (%)	Biodisponibilité relative <sup>A</sup>
<i>Soluble dans l'eau</i>		
<b>Sulfate ferreux.7H<sub>2</sub>O</b>	20	100
<b>Sulfate ferreux anhydre</b>	33	100
<b>Gluconate ferreux</b>	12	89
<b>Lactate ferreux</b>	19	67
<b>Bisglycinate ferreux</b>	20	>100 <sup>B</sup>
<b>Citrate ferrique d'ammonium</b>	17	51
<b>EDTA de sodium et de fer</b>	13	>100 <sup>B</sup>
<i>Peu soluble dans l'eau, soluble dans les acides dilués</i>		
<b>Fumarate ferreux</b>	33	100
<b>Succinate ferreux</b>	33	92
<b>Saccharate ferrique</b>	10	74
<i>Insoluble dans l'eau, peu soluble dans les acides dilués</i>		
<b>Orthophosphate ferrique</b>	29	25–32
<b>Pyrophosphate ferrique</b>	25	21–74
<b>Fer élémentaire</b>	–	–
<b>H-réduit</b>	96	13–148 <sup>C</sup>
<b>Atomisé</b>	96	(24)
<b>CO-réduit</b>	97	(12–32)
<b>Électrolytique</b>	97	75
<b>Carbonylé</b>	99	5–20
<i>Formes encapsulées</i>		
<b>Sulfate ferreux</b>	16	100
<b>Fumarate ferreux</b>	16	100

**NaFeEDTA** : l'éthylène diamine tétra-acétate de fer et de sodium ; **H-réduit** : réduit par l'hydrogène ; **CO-réduit** : réduit par le monoxyde de carbone.

<sup>A</sup> Par rapport au sulfate ferreux hydraté (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) chez l'Homme adulte. Les valeurs entre parenthèses sont dérivées d'études chez le rat.

<sup>B</sup> L'absorption est deux à trois fois meilleur que celle du sulfate ferreux lorsque la teneur du véhicule alimentaire en phytates est élevée.

<sup>C</sup> La valeur la plus élevée se rapporte à un fer de granulométrie très fine qui n'a été utilisée que dans des études expérimentales.

### **III.2. Fortification de la farine en fer dans le monde**

Le Maroc utilise la farine enrichie en fer (sous forme de fer élémentaire électrolytique) avec un taux d'adjonction de 45 mg/kg de farine. Le fer a été incorporé dans un mélange préparé comprenant les vitamines B1 (4,5 mg/kg), B2(2,79 mg/kg), pp (36,18 mg/kg) et l'acide folique (1,53 mg/kg) [64].

Au Chili, l'anémie touche actuellement environ 1 % d'enfants âgés de moins de 5 ans. Cette faible prévalence de l'anémie a été attribuée principalement à l'enrichissement de la farine de blé tendre en fer qui a commencé depuis les années 1950 [65].

Au Venezuela, la farine de blé a été enrichi avec le fumarate ferreux, après une année une réduction de 50 % de la prévalence de l'anémie parmi les enfants d'âge préscolaire a été enregistrée [66].

Aux États-Unis, la réduction de la prévalence de l'anémie chez les enfants enregistrée entre 1975 et 1984 a été attribuée principalement au processus d'enrichissement des aliments de large consommation et principalement les aliments enrichis en fer [67].

PARTIE  
EXPERIMENTALE

MATERIEL ET  
METHODES

## IV. Matériel et méthodes

### IV.1. Caractérisation physicochimique de farine utilisée dans la fabrication des farines- biscuits

#### IV.1.1. Granulométrie ou taux d'affleurement: (AFNOR, NF 11-501)

##### ➤ Principe

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

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

##### ➤ Expression des résultats

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

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

m<sub>0</sub> :Masse du refus en gramme.

m<sub>1</sub>: Masse de l'échantillon en gramme.

#### IV.1.2. Détermination de la teneur en eau

##### ➤ Principe

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

##### ➤ Expression des résultats

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

$$H \% = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100$$

**m0** :Masse en gramme de la prise d’essai.

**m1** :Masse en gramme de la prise d’essai et de la coupelle avant séchage.

**m2** :Masse en gramme de la prise d’essai et de la coupelle après séchage.

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

#### **IV.1.3.Détermination de la teneur en cendre**

##### ➤ **Principe**

La méthode repose sur la calcination d’un échantillon de 2g de farine (pesé à 0,1 mg près), à une température de 550°C selon la norme (**ISO 2171,2007**).

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

##### ➤ **Expression des résultats**

Le taux de cendre (TC) est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche

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

**m0** : masse en gramme de la prise d’essai.

**m1** : masse en gramme de la capsule d’incinération.

**m2** : masse en gramme de la capsule d’incinération et du résidu d’incinération.

**H** : teneur en eau (%) en masse de l’échantillon

#### **IV.1.4.Teneur en Amidon : méthode EWERS polarimétrie**

##### ➤ **Principe**

L'amidon brut contenu dans l'échantillon à examiner est dissout dans de l'acide chlorhydrique I-ICL, la précipitation des substances perturbatrices (protéines) est obtenue à l'aide des produits carreziet 2.on mesure le pouvoir rotatoire optique de l'échantillon à partir de l'angle de rotation  $\alpha$  [68].

➤ **Expression des résultats**

On peut calculer la teneur en amidon de 100 gramme par rapport la matière sèche:

$$TA \% = \frac{\alpha x}{\alpha D \times L \times Ex}$$

$\alpha$ : angle de rotation de la solution de l'échantillon.

$\alpha D$  : valeur rotatoire spécifique de l'amidon.

L: longueur de tube du polarimètre en décimètre.

E : poids de l'échantillon.

#### **IV.1.5. Teneur en Amidon endommagé**

➤ **Principe**

Le principe de la méthode ampérométrique est de déterminer la cinétique d'absorption d'iode d'une farine mise en suspension, dans des conditions maîtrisées (temps de contact et température) [69].

L'échantillon de farine est mis en contact avec une solution iodée dont l'appareil (SDmatic 676, CHOPIN, France) mesure l'intensité électrique proportionnelle à la quantité d'iode libre en solution .Plus l'endommagement de l'amidon est important, plus la quantité d'iode fixée sera importante [70].

#### **IV.1.6. Teneur en protéines**

➤ **Principe**

L'azote total est dosé par la méthode **KJELDHAL (Norme NA 1158-1990, ISO1871)**, dont le principe consiste à minéraliser l'échantillon par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur .L'azote organique est ainsi transformé en azote ammoniacal, l'ammoniac est déplacé par la lessive de soude, l'azote est dosé après l'avoir piégé dans de l'acide borique en présence d'un indicateur coloré.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en pourcentage de protéines rapporté à la matière sèche.

#### IV.1.7.Détermination de l'indice de chute de HAGBERG (NF V 03-703)

➤ **Principe**

Repose sur la mesure de la viscosité d'un empois, formé par la gélatinisation d'une suspension aqueuse de produit ou de mouture intégrale placée dans un bain d'eau bouillante, l'évolution de sa viscosité liée à l'activité des enzymes est appréciée par le temps mis par un agitateur pour traverser la préparation sous l'effet de son propre poids.

La lecture se fait avec un tableau d'humidité qui correspond à la masse du produit à utiliser, ensuite ajouter 25 ml d'eau distillée, puis agiter 30 agitations et le mettre au bain marie qui contient un viscosimètre ou il y'a un compteur qui va calculer le temps de chute.

➤ **Expression des résultats**

L'indice de chute de HAGBERG s'exprime en (s), il globalise la durée d'agitation de la préparation (60 secondes) et celle de la chute de l'agitateur T'.

$$T \text{ (sec)} = 60 \text{ sec} + T'$$

T : Temps de chute d'HAGBERG en secondes

T' : Temps de chute de l'agitateur en second

#### IV.1.8.Détermination de la teneur en gluten

##### IV.1.8.1.Gluten humide

➤ **Principe**

Pour mesurer la quantité de gluten, on réalise un pâton avec 10g de farine (m0) mélangée avec 5ml d'eau salée. Après 10 mn de repos, on isole le gluten par lixiviation, c'est à dire par lavage du pâton sous un mince filet d'eau tout en malaxant afin d'évacuer l'amidon et les matières solubles dans l'eau. Le gluten (m1) obtenu est essoré avant d'être pesé (**ICC 137**).

➤ **Expression des résultats**

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

$$GH (\%) = \frac{m1}{m0} \times 100$$

#### IV.1.8.2. Gluten sec

##### ➤ Principe

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

Laisser les plaques chauffantes atteindre la température de service, prendre la boule de gluten humide obtenue par la méthode spécifiée précédemment, et la mettre entre les plaques chauffantes préchauffées, pendant 300 s. Enlever le gluten séché des plaques chauffantes et le peser (m2) (ISO 21415-4, 2006).

##### ➤ Expression des résultats

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

$$GS (\%) = \frac{m2}{m0} \times 100$$

#### IV.1.8.3. Gluten index

##### ➤ Principe

La détermination du gluten index se fait par centrifugation (à 6000 Tr/min) de la masse de gluten humide mise dans une cassette à tamis spécialement conçue. La partie du gluten restant sur la filière (gluten résiduel) est ensuite retirée et peser avec la partie ayant traversé la filière de façon à connaître le poids total de gluten (gluten humide). Ainsi l'Indice de Gluten ou le Gluten Index est la quantité de gluten résiduel par rapport au poids total du gluten humide en pourcent.

##### ➤ Expression des résultats

$$GI (\%) = \frac{Gr}{GH} \times 100$$

GI : gluten index ;

Gr : gluten résiduel en grammes(g)

GH : gluten humide en grammes). (ICC /n° 137/1 ; ISO21415-2).

#### IV.1.8.4.Capacité d'hydratation du gluten

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

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

#### IV.1.9.Détermination des propriétés rhéologiques par l'alvéographe

##### ➤ Principe

L'alvéographe CHOPIN permet de suivre la déformation d'une mince lame de pâte par suite de l'action d'une pression d'air insufflée à vitesse constante. L'évolution de la pression dans la bulle est mesurée et rapportée sous forme de courbe appelée l'alvéogramme. Cette présente norme a pour objet la détermination au moyen d'un alvéographe de certaines caractéristiques rhéologiques des pâtes obtenues à partir de farines.

##### ➤ Expression des résultats

Ce test mesure les caractéristiques rhéologiques de la pâte en donnant sa force (W), sa ténacité (P) et son extensibilité (L) .A partir de P et L, on **calcule le rapport P/L**, qui traduit l'équilibre de la courbe alvéographique [71].

Les différents paramètres alvéographiques sont (figure 5):

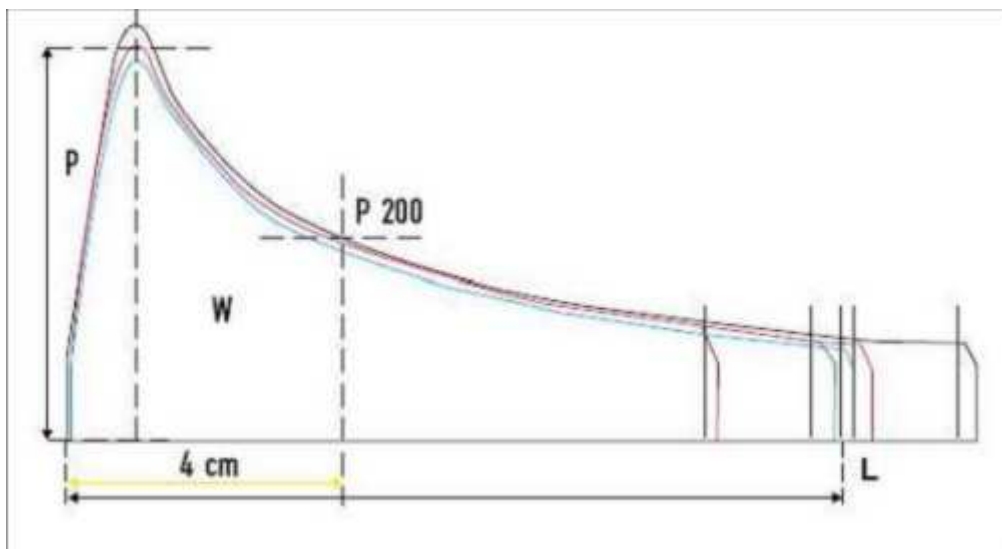


Figure 3: Courbe alvéographique avec indication des différents paramètres mesurés [71].

- **W** : Il représente la surface de l'alvéogramme, il correspond au travail de déformation de la pâte jusqu'à la rupture et exprime la force de la farine, mesuré en erg.

- **L ou G** : Mesuré en millimètres, correspond au gonflement maximal de la bulle qui est en relation avec l'extensibilité de la pâte. Le gonflement G se déduit par le calcul à partir de L :  
 $G = 2.2 L$ .
- **P** : Pression maximale, c'est la résistance maximale de la pâte à la déformation, elle est liée à la tenacité de la pâte mesurée en mm H<sub>2</sub>O.
- **P/L** : Est le rapport de configuration Tenacité / Extensibilité. Il donne une indication sur l'équilibre entre ces deux caractères de la pâte. (forti15)
- **Ie (indice d'élasticité)**: se calcule par la formule:  $Ie = P200 / P_{MAX}$  [72]..

**P200** c'est la hauteur de la courbe à 40 mm de son point d'origine multipliée par le coefficient du nanomètre ( $k=1,1$ ).  $P200 = H200 * 1,1$ .

**P<sub>MAX</sub>** c'est la pression maximale ou P, c'est la hauteur maximale de la courbe multipliée par le coefficient du nanomètre ( $k=1,1$ ).  $P_{MAX} = H_{MAX} * 1,1$ .

Les valeurs caractéristiques moyennes pour la panification selon la norme **I.S.O. 5530/04** sont :

	Blé type boulanger	Blé améliorant	Blé de force	Blé impanifiable	Blé panifiable courant
<b>W</b>	130-180	180-250	<250	<130	130-250
<b>G</b>	20-23	-	-	-	-
<b>P/L</b>	0,45-0,65	0,45-0,65	-	-	Non

Pour l'indice d'élasticité, il existe les caractéristiques suivantes [73]:

**Ie (Indice d'élasticité) .**

Moins de 35 : insuffisant .

De 35 à 45 : moyen .

De 45 à 55 : bon .

Plus de 55 : élevé

## **IV.2. Matières premières**

### **IV.2.1. Farine de blé tendre**

La farine utilisée dans la fabrication de notre biscuit est une farine du blé tendre achetée du commerce conditionnée dans des sachets de 1 kg. Elle est fabriquée par la société Groupe METIDJI(Safina) -Mostaganam .

**Tableau 08 : composition globale de la farine du commerces (Safina) tel que déclaré sur l’emballage.**

<b>Composition (100g)</b>	<b>Valeurs nutritionnelles pour 100g de produit sec.</b>
<b>Energie</b>	1478 KJ/348Kcal
<b>Matières grasses</b>	1g
<b>Dont acides gras saturés</b>	0.1g
<b>Glucides</b>	74g
<b>Dont sucres</b>	2g
<b>Fibres alimentaires</b>	2.5 g
<b>Protéines</b>	9.6 g
<b>Sel</b>	<0.01g

#### **IV.2.2. La matière grasse**

Notre matière grasse est une margarine du commerce produite par Cevital SPA–Bejaia, Algérie. Sa composition selon l’étiquetage est : huiles végétales en l’état et hydrogénées (82%), eau, sel, lécithine de soja (E322), mono et diglycérides (E471), acide citrique (E330), sorbate de potassium (E202), amidon, antioxydant (E307), arôme beurre, arôme bêta carotène (E160).

#### **IV.2.3. Le sucre**

Le sucre utilisé est un sucre en poudre, conditionnée dans des sachets de 700g par La société Nounours , Beni Tamo - Blida.

#### **IV.2.4. Les œufs**

Les œufs locales ,acheté du commerce.

#### **IV.2.5. La vanille**

La vanille utilisée est une vanille poudre , achetée du commerce , de la marque « nounou »,conditionné dans des boites de 60g .

#### **IV.2.6.La maïzena**

La maïzena utilisée du commerce ,produite par Nouara –SARL Sipades (Alger), conditionnée dans des boites en carton de 100g Sa composition selon l’étiquetage est :100% Amidon de maïs.

#### IV.2.7. La poudre de cacao

La poudre de cacao utilisée est conditionné dans des sachets de 700g par La société Nounours , Beni Tamo - Blida.

#### IV.2.8. La levure chimique

La levure chimique utilisée est Karima ,acheté du commerce produite par SARL SOPRA –Oran .Sa composition selon l'étiquetage est : amidon de maïs , bicarbonate de sodium (SIN 500), pyrophosphate ( SIN 450).

#### IV.2.9. Complément alimentaire utilisé

**Tableau 9:** Composition d'une gélule de « ferro sanol gyn ».

Composé	Quantité
<b>Glycine sulfate</b>	454.13 mg équivalent 80 mg de fer
<b>Acide folique</b>	-
<b>Vitamine C</b>	-
<b>Autres</b>	-



**Figure 4:** Complément alimentaire « ferro sanol gyn ».

#### IV.3.Dose du fer

La stratégie d'enrichissement des aliments vise à réduire les différentes carences nutritionnelles.

L'objectif de notre étude est de fabriquer un biscuit enrichi en fer pour les personnes anémiques, nous avons apprécié qu'une dose de 4 mg par 100g de complément alimentaire est convenable pour régler la carence en fer.

#### IV.4.Matériel de production de biscuit

Le matériel de production de biscuit est composé comme suit :

- un four à gaz (cuisinière) ;
- un mélangeur pétrin ;
- une planche à découper
- un rouleau à pâtisserie ;

- des emportes pièces (forme ronde) ;
- une balance numérique (SONACHI);
- petit matériel de cuisine.

#### IV.5.Préparation du biscuit

##### IV.5.1. Les ingrédients

Les ingrédients sont présentés respectivement dans le tableau (10)

**Tableau 10** : Les ingrédients utilisés pour la préparation de biscuit.

Ingrédients	Quantités pour biscuits fortifiés	
	La pâte à la vanille	La pâte au chocolat
<b>Margarine</b>	250g	250g
<b>Le sucre</b>	100g	100g
<b>Les œufs</b>	02	02
<b>La poudre de cacao</b>	---	30g
<b>La maïzena</b>	100g	100g
<b>La farine</b>	400g	370g
<b>Levure chimique</b>	5g	5g
<b>Complément alimentaire</b>	0.4g équivalent à 0.6g	0.4g équivalent à 0.6g

##### IV.5.2.Préparation des pâtes

###### ▪ La pâte à la vanille

Pour la préparation des pâtes les ingrédients sont introduits dans le pétrin dans un ordre précis (figure 05). Le sucre puis la matière grasse (margarine fondue) sont introduits en premier et mélanger jusqu'à obtention d'un mélange crémeux.. Les œufs et le sucre vanille est ensuite versé .La farine fortifiée préalablement mélangée avec la levure chimique est introduite en dernier.

▪ **La pâte au chocolat**

Nous suivons les mêmes étapes , mais échangeons une quantité de 30g de farine par 30g poudre de cacao.

**IV.5.3.Pétrissage**

Le pétrissage de la pate a été effectué dans un pétrin de marque KENWOOD. Après le mixage de tous les ingrédients (sucre , margarine , œufs , la vanille , levure chimique , la farine fortifié) la pâte est pétrie pendant 5-8 minutes.

**IV.5.4.Mise en forme**

Après pétrissage, la pâte est retirée du pétrin et étalée sur la planche à découper à l'aide du rouleau à pâtisserie .Nous avons choisi un épaisseur de 0.5 cm pour une bonne cuisson. Les pâtons de biscuits sont façonnés à l'aide d'un emporte-pièce de forme ronde.

**IV.5.5.Cuisson**

La cuisson se fait dans un four ménager de marque Brandt FC420MUB, où la température et le temps de cuisson réglable . Les pâtons disposés dans des plateaux ont été cuits pendant 15 à 20 minutes dans un four préalablement chauffé à 180° C.

**IV.5.6.Refroidissement**

Les biscuits sortant du four à des températures élevées sont refroidis à l'air libre (température ambiante). Ce mode de refroidissement est jugé meilleur qu'un refroidissement accéléré puisqu'il permet au produit de se refroidir progressivement à l'abri de tout choc thermique provoquant les fissurations et la cassure du biscuit [74].

**IV.5.7.Conditionnement**

Les biscuits ont ensuite été conditionnés dans des emballages plastiques puis étiquetés.

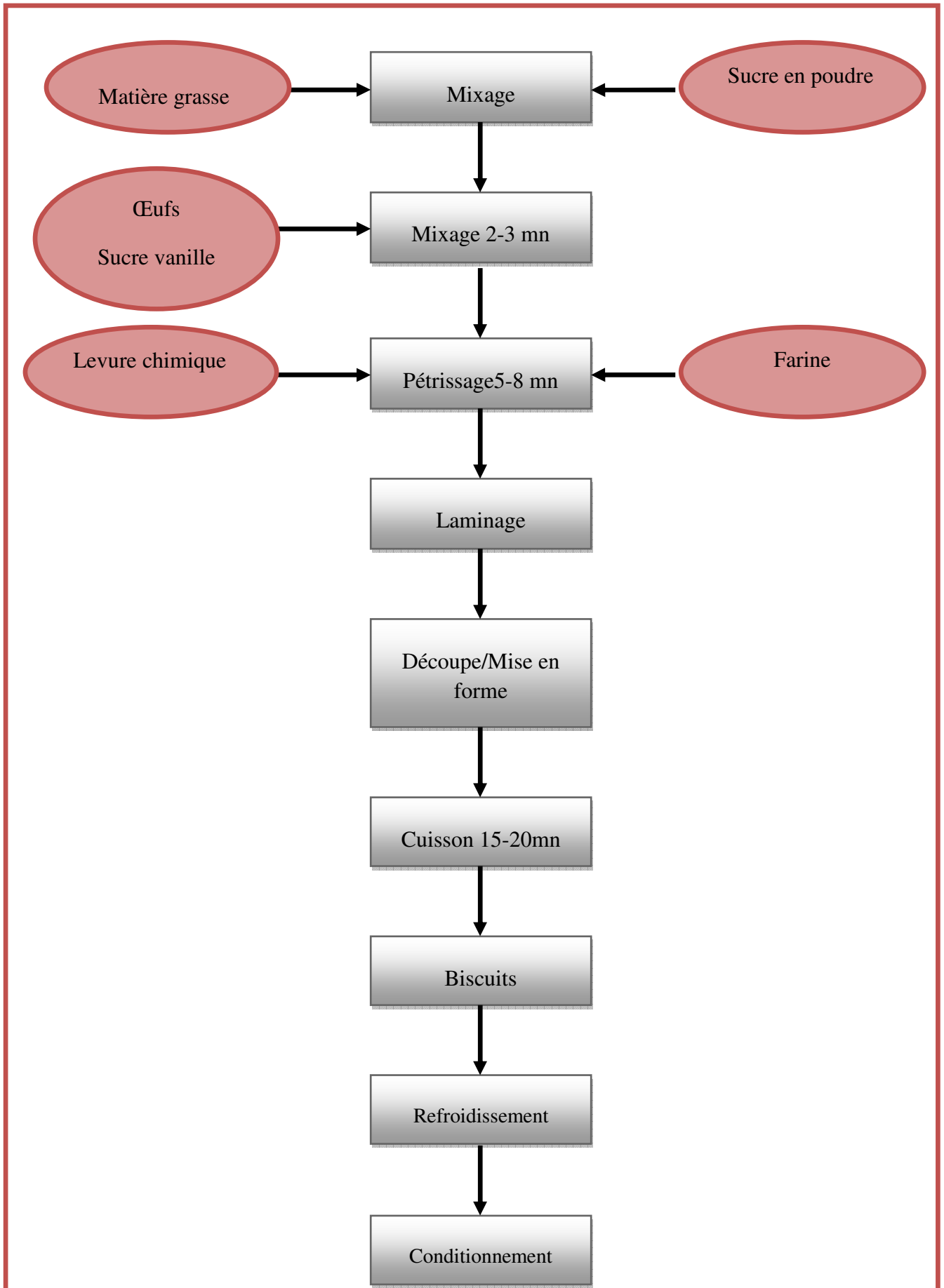


Figure 5: Diagramme de production de biscuit.

## IV.6. Analyse sensorielle

### IV.6.1. Panel ou jury de dégustation

Le jury composé de 40 sujets a été retenu pour la réalisation de l'épreuve .Il s'agissait surtout d'étudiants et d'enseignants de la faculté de la science de la nature et de la vie (ITMA) SIDI BEL ABBES.

### IV.6.2. Codage des échantillons

Les dégustateurs reçoivent deux séries codées : (Tableau 11)

**Tableau 11 : Les codes des échantillons et leurs significations.**

Code	Signification
A	Biscuit au chocolat fortifié.
B	Biscuit à la vanille fortifié .

### IV.6.3. Préparation des échantillons

Les échantillons de l'épreuve ont été préparés suivant la même méthode et produits dans les mêmes conditions afin de minimiser les modifications au sein des produits. Les biscuits sont mis dans des assiettes blanches à usage unique, accompagnées chacune d'un verre d'eau et une serviette en papier.

### IV.6.4. Déroulement du test

Le dégustateur a reçu un ensemble des échantillons codés, une fiche d'évaluation (les sujets devaient noter leurs réponses sur un bulletin papier), un verre d'eau pour rincer la bouche après chaque dégustation

L'analyse sensorielle comprend trois étapes :

- **1<sup>ère</sup> étape :**

Les sujets ont été invités pour se prononcer sur la couleur, l'odeur, le goût et la friabilité pour le remplissage de la fiche d'évaluation. Les fréquences des modalités retirées par les dégustateurs étaient comparées avec un test Khi2 au seuil de significativité  $\alpha$  de 5%.

**Exemple :** Le goût nous comparons la fréquence de déclaration de la modalité « normale » pour A *versus* la modalité « normale » pour B. Notre hypothèse  $H_0$  étant que les produits A et B ont tous les deux un goût normal (pas de différence).

Des instructions et des explications préliminaires sont données aux dégustateurs avant chaque série de dégustation.

- **2<sup>ème</sup> étape :**

Les dégustateurs étaient participés à un test de comparaison par paires sur :

- 1- La présence d'une différence ou pas.
- 2-S'il y a d'une différence, doit être mentionnée.
- 3- Leur préférence A ou B .

- **3<sup>ème</sup> étape :**

Dans cette dernière étape les sujets donnés une note sur 10 et les fiches dûment remplies par les dégustateurs ont été retirées à la fin de l'évaluation et les données ont été organisées puis traitées. La comparaison des deux moyennes (A et B) a été envisagée au seuil de significativité  $\alpha$  de 5%.

#### **IV.7.Analyse statistique**

Nous avons utilisé le module EpiTable calculateur du logiciel EpiInfo 6.04 dfr (CDC/OMS,2001) pour la comparaison de fréquence et la comparaison des deux notes moyennes.

# RESULTATS ET DISCUSSION

## **V. Résultats et discussion**

### **V.1. Caractéristiques physico-chimiques de la farine**

#### **V.1.1. Granulométrie ou taux d'affleurement:**

La granulométrie d'une farine permet de caractériser la répartition en taille et en nombre des particules dont elle est composée ; le comportement des farines au cours de leur transformation, notamment la vitesse d'hydratation en dépend [75].

Selon la norme [76] , 98% ou plus de la farine doit passer au travers d'un tamis de 212 µm, la farine utilisée 88% est passé à travers un tamis de 200 µm (mailles inférieures à 212 µm).

#### **V.1.2. La teneur en eau**

La teneur en eau des farines est un paramètre important à déterminer, car la réalisation des tests technologiques tel que l'essai au mixographe, à l'alvéographe Chopin et la précision des divers résultats analytiques exigent sa détermination. Elle est exprimée par rapport à la matière sèche. Les valeurs des humidités des deux farines sont :

- Farine courante : 15,4%
- Farine supérieure : 15,5%

Les valeurs obtenues s'intercalent dans la fourchette 13-16% des teneurs en eau [77].

#### **V.1.3. La teneur en cendre**

La teneur en cendres est un indicateur de la pureté de la farine. Elle est en relation avec son taux d'extraction et la minéralisation des grains mis en mouture. Elle définit, en outre, les types commerciaux des farines [78].

Une teneur en cendres inférieur à 0.60%, permet à la fois de garantir une bonne valeur technologique mais également d'offrir des propriétés organoleptiques appréciées des consommateurs [79].

#### **V.1.4. Teneur en Amidon**

L'amidon est le principal constituant de la farine, son rôle nutritionnel est d'une grande importance car il renferme la principale source de calories après hydrolyse digestive [80].

La teneur en amidon doit être comprise entre 63 et 72% de matière sèche [81].

### **V.1.5. Teneur en Amidon endommagé**

L'amidon est une source inépuisable de sucres fermentescibles assurant la multiplication et la croissance des levures. Egalement un fixateur d'eau, l'amidon absorbe environ 45 % de l'eau ajoutée à la farine, selon la répartition d'amidon natif et les granules endommagés. Par le pouvoir fixateur d'eau de la farine, variable selon le degré d'endommagement des granules et sa capacité à former des liaisons non covalentes (liaisons hydrogènes) avec les protéines, l'amidon contribue de manière active à la formation de la pâte. La production d'oses fermentescibles dépend de la quantité d'enzymes présentes et de l'état d'endommagement de l'amidon

Plus l'amidon est endommagé plus la pâte de farine sera collante et non maniable lors du pétrissage [82].

### **V.1.6. Teneur en protéines**

La connaissance de la teneur en protéines donne une bonne information sur la capacité technologique de la farine [83]. La limite minimale de la teneur en protéines est de 11%MS [77].

### **V.1.7. L'indice de chute de HAGBERG**

La teneur en  $\alpha$  amylase est inversement proportionnelle au temps de chute de Hagberg. Cette méthode permet de déterminer indirectement la teneur en Alpha amylase d'une farine. Considérant que plus la teneur en Alpha amylase de la farine est élevée, plus l'amidon est hydrolysé, plus la consistance de l'emploi formé lors du chauffage de la suspension est faible, et plus le viscosimètre descend rapidement dans le produit. Les faibles valeurs d'indice de chute dans les produits de mouture sont donc dues en grande partie à l'élimination des tissus périphériques riches en Alpha amylase [84].

- Un indice inférieur à 180 s, indique une Activité amylasique élevée (Hyperdistasique) donc la farine ne possède pas une valeur boulangère acceptable (Beaucoup de grains germés, le pain présente une mie collante).
- Un indice entre 180 s et 250s indique Activité amylasique correcte (farine équilibré).
- Un indice supérieur à 250s, indique une faible Activité amylasique (Hypodistasique) peu de grains germés, le pain sera sec.

### **V.1.8. la teneur en gluten**

Les caractéristiques du gluten dépendent des propriétés des farines dont il est extrait. Le gluten des farines de mauvaise qualité s'hydrate plus facilement et se révèle plus visqueux et moins élastique que celui extrait à partir de farines de bonnes qualités [85].

#### **V.1.8.1. Gluten humide**

Les farines qui présentent du gluten humide supérieur à 26% sont orientées vers la panification, la force de la farine est décrite selon son gluten humide, les farines usuelles ont des teneurs de l'ordre de 27 à 37% celles de très fort blé peuvent atteindre 45% [86].

#### **V.1.8.2. Gluten sec**

Au plan technologique le gluten détermine en grande partie les caractéristiques rhéologiques de la farine d'où la nécessité d'avoir un taux de gluten sec de 8 à 10% [87].

#### **V.1.8.3. Gluten index**

Le gluten index renseigne sur la force de gluten, il peut varier entre 0 pour un gluten mou et 100 pour un gluten très résistant et tenace.

#### **V.1.8.4. Capacité d'hydratation**

La capacité d'absorption d'eau «liquide» d'une farine définit souvent sa qualité et son aptitude à former des pâtes viscoélastiques (43)40, Cette capacité doit être normalement comprise entre 62 et 65% et peut s'élever à 69% [88].

### **V.1.2.9. Les propriétés rhéologique par l'alvéographe**

Cette méthode a pour objet la détermination des caractéristiques d'extensibilité des pâtes de farine de blé [89].

Les farines qui ont un « P/L » élevé (supérieur à 1) donneront des pâtes trop tenaces, peu tolérante au pétrissage et absorbe beaucoup d'eau, ainsi qu'un faible gonflement [90].

CONCLUSION

## **Conclusion**

Ce travail a été entreprise dans le but de contribuer à la fabrication d'un biscuit enrichie en fer pour la population algérienne anémique.

Dans cette étude nous avons atteint à :

- La caractérisation physicochimique (teneur en eau , teneur en amidon , teneur en cendre ,...) ,rhéologique et organoleptique de la farine avant et après la fortification
- Tester la faisabilité technologique d'un mélange « farine -fortifiant » dans la fabrication d'une farine riche en fer .
- Fabriqués deux types de biscuit au chocolat et à la vanille .
- Analyser la qualité organoleptique de nos biscuits et juger par des dégustateurs qui nous aident dans cette étude.

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

Liste des références

- [1] : Looman, M., Schoenaker, D. A. J. M., Soedamah-Muthu, S. S., Mishra, G. D., Geelen, A., & Feskens, E. J. M. (2018). Pre-pregnancy dietary micronutrient adequacy is associated with lower risk of developing gestational diabetes in Australian women. *Nutrition Research* , 62,32-40.
- [2] : Black, R. E., Victora, C. G., Walker, S. P., Bhutta, Z. A., Christian, P., de Onis, M., ... Uauy, R. (2013). *Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. The Lancet*, 382(9890), 427–451.
- [3] : UNITED NATIONS ACC/SCN - Third report on the world nutrition situation. Geneva ,1997.
- [4] : *Jean-Claude Dillon* , « PREVENTION DE LA CARENCE EN FER ET DES ANEMIES FERRIPRIVES EN MILIEU TROPICAL » , *Médecine Tropicale* , 83 , 83-91.
- [5] : SADIGHI J., MOHAMMAD K., SHEIKHOESLAM R., AMIRKHANI M. A., TORABI P., SALHI F., ABDOLAHI Z., Anaemia control: lessons from the flour fortification programme, *Public health*, 2009, vol. 123, no 12, p. 794-799.
- [6] : WHO & FAO (2006). In L. Allen, B. de Benoist, O. Dary, & R. Hurrell (Eds.). Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization and Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- [7] : Hemery, Y. M., Lailou, A., Fontan, L., Jallier, V., Moench-Pfanner, R., Berger, J., & Avallone, S. (2018). *Storage conditions and packaging greatly affects the stability of fortified wheat flour: Influence on vitamin A, iron, zinc, and oxidation. Food Chemistry*, 240, 43–50.
- [8] : Indrani, D., P. Prabhasankar, J. Rajiv and G.V. Rao, 2007. Influences of whey protein concentrate on the rheological characteristics of dough, microstructure and quality of unleavened flat bread (parotta). *Food Res. Int.*, 40: 1254-1260.
- [9] : O'Brien CN, Champmemb O, Nexille DP, Kengh MK, Arendt EK. 2003. Effect of varying micro en capsulation process on the functionality hydrogenated vegetable
- [10] :SURGET A. et BARRON C., (2005). Histologie du grain de blé. *Industrie des céréales*, n. 145, pp. 4-7.
- [11] : BOUNNECHE, H,» Fric : technologie de fabrication et qualité’’ mémoire de magister, département de technologies alimentaires, université Constantine 1, 2015.
- [12] : Feuillet. Pierre. , 2000. le grain de blé, composition et utilisation, Editions QUAE, P,308.
- [13] : Godon B., 1991. Les constituants des céréales : nature, propriétés et teneurs. In: Godon B.(Ed.), *Biotransformation des produits céréaliers*. Ed. Lavoisier Tec & Doc, Paris, pp. 1-22.
- [14] : R. CALREL ., fabrication de produits alimentaire . (1975).
- [15] : BOUDREAU A., MENARD G., 1992. Le blé-Eléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'Université Laval, Québec, 439p.
- [16] : CIQUAL, Table de composition des aliments, France, 2016.

- [17] : **Guinet., (2006).**Technologie du pain français ; In , pain et nutrition P.P.I.S, ( Ed ) paris. , P.75.
- [18] : **A. Doumandji ; S. Doumandji ; M.B. Doumandji (2003).** Technologie de transformation des blés et problème dus aux insectes en stock, Ed : Office des publications universitaire. P 129.
- [19] : **KIGER J. L., KIGER J. G. (1967)** Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod. Tome 1. Paris. 696 p.
- [20] : **Armand B et Germain M ., 1992** : « le blé : éléments fondamentaux et transformation » Ed saint Foy .PP : 439-440.
- [21] : **Kabore N., 2012** : « Optimisation de la production de biscuits à base de patate douce à chaire orange » P10.
- [22] : **Soulef BK., 2010** : « Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants cœliaque : fabrication de farines- biscuits sans gluten ».PP : 15-16.
- [23] : **PNNS (2007).** Biscuits et pâtisseries préemballées. Rapport. 21 p.
- [24] : **Lamia A. A. (2006)** : Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard: Intérêt de la fluorescence frontale. Thèse de Doctorat en Chimie analytique. Institut National Agronomique. Paris. 207 p.
- [25] : **Syed BA, Sargent PJ, Farnaud S, Evans RW.** An overview of mole-cular aspect of iron metabolism. Hemoglobin 2006;30:69—80.
- [26] : **Beard JL.** Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning. Nutrition 2001;131(2S—2):568S—79S [discussion 580S].
- [27] : **Martins JM.** Considerations on the food fortification policy in Brazil. Rev Bras Hematol Hemoter. 2011; 33(2):158–63.
- [28] : **Lieu PT, Heiskala M, Peterson PA, Yang Y.** The roles of iron in health and disease.Mol Aspects Med 2001; 22:1–87.
- [29] : **CHU Angers,** «Métabolisme du fer chez l'homme,» Janv 2012. [En ligne]. <http://hematocell.fr/index.php/enseignement-de-lhematologiecellulaire/globules-rouges-et-leur-pathologie/43-metabolisme-du-fer-chezlhomme>. [Accès le 10 Mai 2015].
- [30] : **J-C. Deybach,** «Homéostasie du fer, Biosynthèse de l'hème et Porphyrines,» Inserm, Paris, 2012.
- [31] : **Available from** :<https://www.em-consulte.com/en/article/98502>
- [32] : **ABBASPOUR N., HURELL R., KELISHADI R.,** Review on iron and its importance for human health, journal of research in medical sciences, 2014, vol. 19, no 2, p. 164-7.
- [33] : **Bruno baudin.**Homeostasie du fer et aspect nutritionnel.revue francophone de laboratoire – Mai 2012 ; 442: 55-60.
- [34] : **POTIER DE COURCY G, FRELUT ML, FRICKER J, MARTIN A et DUPIN H.** Besoins nutritionnels et apports conseillés pour la satisfaction de ces besoins. Enc. Méd. Chir. (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Endocrinologie-Nutrition, 10-308-A-10, 2003, 32 p.

[35] : **B, Baudin**. Homéostasie du fer et aspects nutritionnels. Revue Francophone Des Laboratoires. [éd.] Elsevier Masson. mai 2012, 442, pp. 55-59

[36] : **Giro R, Baumont G R**. Métabolisme du fer: Physiologie et pathologies. Elsevier Masson, Hématologie 2010,13 000-P-20.

[37] : **Dillon, J C**. Prévention de la carence et des anémies ferriprives en milieu tropical. Med Trop .2000 .60 page 83-91

[38] : **WHO** | Iron deficiency anaemia: assessment, prevention and control [Internet]. WHO. [Cited 2013Mar11].Availabal from :

[http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia\\_iron\\_deficiency/WHO\\_NHD\\_01.3/en/index.html](http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia_iron_deficiency/WHO_NHD_01.3/en/index.html).

[39] : **Toutain F, Le Gall E, Gandemer V**. La carence en fer chez l'enfant et l'adolescent : un problème toujours d'actualité. Arch Pediatr 2012;19:1127-31.

[40] : **WHO** | Assessing the iron status of populations [Internet]. WHO. [Cited 2012 Nov 8].Availabal from :

[http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia\\_iron\\_deficiency/9789241596107/en/index.html](http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia_iron_deficiency/9789241596107/en/index.html).

[41] : **Dommergues J P**. Les anémies nutritionnelles de l'enfant. Documents scientifiques Guigoz, 1993 ; 134 : 20-30.

[42] : **Haute Autorité de Santé**,Service évaluation des actes professionnels.Examen du métabolisme du fer dans les carences-Rapport d'évaluation. mars 2011. pp. 8-24.

[43] : **ALRIC L., BONNET D.,** L'anémie par carence en fer, La Revue de médecine interne, 2009, vol. 30, p. S315-S318.

[44] : <https://www.algerie360.com/anemie-et-fatigue-20-des-algeriens-souffrent-de-carence-en-fer/>.

[45] : Eris William Camille Nacoulma, Jean Sakande, Alian Ouermi, Tiano Herve.

Etiologies des anémies ferriprives dans le service de médecine interne du CHU Yalgado Ouedraogo. Cahiers santé volume 18 N°4 octobre-novembre-décembre 2008

[46] : **Ministère de la Santé et de Prévention contre La Malnutrition du Sénégal Sécurité alimentaire 2004**.Disponible sur< [www.clm.sn/partenairedeveloppemnt](http://www.clm.sn/partenairedeveloppemnt)> (consulte lé 18.12.2010).

[47] : **From The Centers For Disease Control And Prevention**. Iron deficiency 1999/2000.

Jama 2002 288: page 2114-2116.

[48] : **Diouf A**. La fortification alimentaire : peut-elle être utile ou dangereuse ?

[http://www.ames.sbilya.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=58%3Apoint-devue&catid=27%3Anew-to-joomla&Itemid=58](http://www.ames.sbilya.com/index.php?option=com_content&view=article&id=58%3Apoint-devue&catid=27%3Anew-to-joomla&Itemid=58) consulté le 20/01/2012 à 18H01.

- [49] :Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R. Guidelines on food fortification with micronutrients. WHO/FAO, pp13, France, 2006.
- [50] :Preedy V.R,Waston , R.R,&Patel , V.B .(2011).Flour and breads and their fortification in health and disease prevention (1st ed). USA :Elsevier /Academic Press.
- [51] :Lindsay Allen, Bruno de Benoist, Omar Dary, Richard Hurrell . Directives sur l'enrichissement des aliments en micronutriments ;2011, Partie I, P.15
- [52] :AISSIOU M. Y. A., Prévalence de l'anémie ferriprive et de la malnutrition protéinoénergétique chez un groupe d'enfants âgés de 6 mois à 5 ans en bonne santé apparente recrutés dans deux centres sanitaires de la Daïra d'El Idrissia (Wilaya de Djelfa), 2014, Diplôme Magistère en sciences agronomiques, 149p.
- [53] : Awika J.M .(2011).Major cereal grains production and use around the world .Advances in cereal science : Implications to food processing and health promotion (pp.1-13).Washington D.C :ACS symposium .Series ;Americain Chemical Society.
- [54] :Khetarpaul, N., Goyal, R. 2009. Effect of composite flour fortification to wheat flour on the quality characteristics of unleavened bread. British Food Journal 6: 554-564.
- [55]: Ranum P. Iron fortification of cereals. In: The Minerals Fortification of Foods, Hurrell R (ed). Leatherhead, UK: Leatherhead Publishing. 1999.
- [56]: Gutkoski, L.C., Bonamigo, J.M.A., Teixeira, D.M.F., & Pedó, I. (2007). Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 27(2), 355–363.
- [57]: SUSTAIN. 2001. Guidelines for Iron Fortification of Cereal Food Staples.
- [58]: SUSTAIN. 2000. Storage, Sensory and Bioavailability Evaluation of Iron Fortified Corn Masa Flour, Final report by Sharing United State Technology to Aid in the Improvement of Nutrition
- [59]: Hurrell R, Egli I: Optimizing the bioavailability of iron compounds for food fortification; in Kraemer K, Zimmermann MB (eds): Nutritional Anemia. Basel, Sight and Life Press, 2007, pp 77–97.
- [60]: BERGER J., DILLON J. C., Stratégies de contrôle de la carence en fer dans les pays en développement, Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé, 2002, vol. 12, no 1, p. 22-30.

- [61]: **Gillespie S, Kevany J, Mason J.** Controlling iron deficiency. Geneva: United Nations Administrative Committee on Coordination/Subcommittee on Nutrition,1991. [Google Scholar].
- [62]:. **Huma N, Salim-Ur-Rehman, Anjum FM, Murtaza MA, Sheikh MA .**Crit Rev Food Sci Nutr.Food fortification strategy--preventing iron deficiency anemia:a review 2007;47(3):259-65.
- [63]: **ALLEN L., DE BENOIST B., DARY O., HURRELL R.,** Directives sur l'enrichissement des aliments en micronutriments, 2011, 379p.
- [64]:**AGUENAOU H.,** La malnutrition invisible ou la « faim cachée » au Maroc et les stratégies de lutte, Biomatec Echo, 2007, vol. 5, no 2, p. 158-164.
- [65]:**Olivares M et al.** Milk inhibits and ascorbic acid favors ferrous bis-glycine chelate bioavailability in humans. Journal of Nutrition, 1997, 127:1407–1411.
- [66]: **HAMDOUCHI A., EL KARI K., RJIMATI L., EL HALOUI N., EL MZIBRI M., AGUENAOU H., MOKHTAR N.,** Impact de l'enrichissement de la farine en fer élémentaire sur la prévalence de l'anémie chez les enfants en âge préscolaire au Maroc, La Revue de Santé de la Méditerranée orientale, 2010, vol. 16, no 11, p. 1148- 52.
- [67]: **Yip R, Ramakrishnan U.** Experience and challenges in developing countries. Journal of Nutrition, 2002, 132(4 Suppl.):827S–830S.
- [68]: **Multon J. L. (1991).** Technique d'analyse et (le contrôle dans les industries agro-alimentaires ». Analyse des constituants alimentaires. Ed. Techn et doc. Lavoisier. Volume 4. Paris. p4 . 131.
- [69] :**DUBAT A. (2004).** Importance de l'endommagement de l'amidon et évolution des méthodes de mesure. Ind. des céréales N°137. Avril /Mai. pp 2-6.
- [70]: **Dubat, A. (2010).** A new AACC international approved method to measure rheological properties of a dough sample. Cereal Foods World (CFW)55, 150.
- [71]: **OURY F. X., ROUSSET M., BERARD P., PLUCHARD P., DOUSSINAULT G., (1994).** Une étude de la qualité des blés hybrides à travers différents tests technologiques. Annales de l'amélioration des plantes, vol. 14, p.p. 377-385.

- [72]: **ROUSSEL P., LOISEL W., (2009)**. Test de laboratoire. In: GODON B., LOISEL W., (1997). Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, APRIA, 479 p.
- [73]: **KITTISSOU P., 1995**. Un nouveau paramètre alvéographique : l'indice d'élasticité (IC). Ind. des céréales. pp 9-17.
- [74]: **BERLAND S. et ROUSSEL P., (2005)**. Qualité technologique. Document de École Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières (ENSMIC), Surgères, France.
- [75]: **SELSELET-ATTOU G (1991)**. Technologie des céréales et produits dérivés. Institut de Technologie Agricole-Mostaganem. Document à l'usage des étudiants, option : Technologie Agro-Alimentaire. 147 p.
- [76]: **Feuillet. Pierre. , 2000**. le grain de blé, composition et utilisation, Editions QUAE, P,308.
- [77] : **CODEX ALIMENTARIUS**, Norme Codex pour la semoule et la farine de blé dur, Codex Stan 178-1991, Adopté en 1191, révisé en 1995, CODEX ALIMENTARIUM/FAO.
- [78]: **GRANDVOINET P., PRATX B., GUINET R., 1994**. Farines et mixes in: panification française. Tec et doc, Paris, Vol 528, pp100-131.
- [79]: **COLAS A. (1998)** Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations. In, GODON B., WILLM C. Les industries de première transformation des céréales. Lavoisier. Tec et Doc/Apria. Paris : 579- 589. 679 p.
- [80]: **ali Yousef N et Goumal K.( 1991)**.Contribution à l'étude des caractéristiques chimiques et technologiques des farines de quatre variétés de blé tendres, *Trilicum aestivum*. These , ingénieur université de Tlemcene .
- [81]: **Atwell W.A. (2001)**. Wheat flour. Eagan press, Minnesota, USA, 123p.
- [82]: **NABI Amani HADJAB Bouchra (2018)** : Analyse de la variabilité de la qualité physicochimique du blé tendre et de la qualité physicochimique et technologique de sa farine panifiable des moulins HODNA-M'sila. Thèse: Master université de M'sila .
- [83]: **CHENE C., (2001)**. La farine, 1ère partie. Agro-Jonction, n. 26, p.p. 1-8.

- [84]: **Dexter J. E., Preston K.R., Martin D.G. et Gander E.J. 1994.** The effect of protein content and starch damage on the physical dough properties and breadmaking quality of canadian durum wheat . Journal of Cereal Science 20: 139-151.
- [85]:**FEILLET P. (2000)** Le grains de blé, composition et utilisation. INRA. Paris. 308p.
- [86]:**Ugrinovits M.,Arrigoni E .,Dossenbach A . ,Haberli G.,Haniche H. ,Rychener M.,Thormann M., Stalder U ,(2004) .** Céréales, produits de l'industrie meunière, pré mélanges four, Mélange de farine, farine instantanées. Manuel Suisse des denrées Alimentaire.
- [87]:**BAGHOUS F., (1998).** Relation entre les sous unités gluténines et les caractéristiques technologiques intrinsèques des blés tendres cultivés en Algérie. Thèse de magistère, INA, El-Harrach, Algérie, 126p.
- [88]: **Lecoq R. (1965).** Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. tome 1. Edit DOIN. DEREN et CIE, Paris, 938 p.
- [89]: **Roussel P, Chiron H, Della Valle G et Ndiaye A. (2009).** Recueil des connaissances sur les descripteurs de quaiité des pâtes et des pains ou variables d'état pour la panification française.Paris.
- [90]: **PENA E., BERNARDO A., SOLER C., JOUVE N., (2005).** Relationship between common wheat (*Triticum aestivum* L.) gluten proteins and dough rheological properties. Euphytica, vol. 143, p.p. 169-177.

# ANNEXES

## ANNEXE 01 : Bulletin d'analyse sensorielle de biscuit fortifié.

Nom de dégustateur : .....

.../.../2020

Nous vous présentons deux échantillons de biscuit A et B, veuillez déguster les échantillons et répondez au questionnaire :

Choisissez une réponse	Normal		Anormal		Normal		Anormal	
	A	B	A	B	A	B	A	B
<b>La couleur</b>								

Choisissez une réponse	Bonne		Mauvaise		Bonne		Mauvaise	
	A	B	A	B	A	B	A	B
<b>L'odeur</b>								

Choisissez une réponse	Bon		Mauvais		Bon		Mauvais	
	A	B	A	B	A	B	A	B
<b>Le goût</b>								

Choisissez une réponse	Friable		Dur		Friable		Dur	
	A	B	A	B	A	B	A	B
<b>La friabilité</b>								

	A	B
<b>Avez-vous trouvé une différence entre les deux échantillons? Si oui, précisez laquelle ?</b>		
<b>Lequel des échantillons vous préférez ?</b>		
<b>Donner une note sur 10</b>		

Merci pour votre temps



