

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : contrôle de qualité.

Filière : sciences alimentaires.

Domaine : science de la nature et de la vie.

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Thème

**Influence du type de farine sur la qualité de produits finis
« céréales petit déjeuner ».**

Présenté par :

OULD AMER SABRINA & LOUZERI YASMINE

Soutenu devant les jurys :

| | | | |
|-------------------------|-----|-----------|--------------|
| Dr. KADRI. B | MCB | U. Blida1 | Président |
| Dr. HADJADJ. N | MAA | U. Blida1 | Examinatrice |
| Dr. BENLEMMANE.S | MCB | U. Blida1 | Promotrice |

Année universitaire : 2021/2022



REMERCIEMENTS

On tient à remercier en premier lieu ALLAH, le tout puissant de nous donnée courage, santé et patience pour achever ce travail (ELHAMDOU LILLAH).

Nous remercions nos chers parents qui nous ont aidés à être ce que nous sommes. On remercie leur dévouement, leur consacre de temps et leur présence constante au cours de toutes ces années d'études. On vous aime...

On exprime nos vifs remerciements à Mme Benlammene. S, qui nous a fait l'honneur d'être notre promotrice. Nous la remercions profondément par son encouragement contenu et aussi d'être toujours là, pour nous écouter, nous aider et nous guider à retrouver le bon chemin par ces précieux conseils.

Nous remercions également le président Docteur Kadri.B D'avoir présidé le jury, et l'examinatrice Docteur Hadjadj. N d'avoir accepté d'examiner notre mémoire.

Nous remercions également, Mme Nedjari Rym, responsable de laboratoire Deer Control, pour leur aide et leur soutien et leur accueil durant toute la durée de ce projet.

Nos remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

∞ Dédicace

Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

Je dédie cette mémoire :

A l'homme de ma vie, mon source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.

A mon frère Nouredine, mon deuxième père qui est partagé avec moi tous les moments d'émotion au long de mes études, Il m'a chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A ma chère sœur fella, qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu la protège et offre la chance et le bonheur.

A mes chers petit frères Nassim et Moncef

A ma petite chère camélia.

A tous les Membres de ma famille.

A ma chère copine et binôme de travail « Sabrina ».

A mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès Sabrina et Yousra.

A tous ceux que j'aime.

Yasmine.

∞ Dédicace

Je dédie ce mémoire à celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère, Ghania, le symbole de tendresse, À mon père, Noureddine, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études.

Que dieu me les garde et me les protège.

Aucune dédicace ne saurait exprimer ma grande admiration, ma considération et ma sincère affection pour vous mes chers parents.

A mes chères sœurs : Ilham, amina qui m'avez toujours soutenus et encouragé durant ces années, je vous aime.

A mon chère frère : Mohamed Boubakeur, notre fierté qu'ALLAH l'augmente en sciences et en piété, je t'aime

A mes grands parents

A mes tantes : Sihem et Samia, Salima et son mari Hakim paix a son âme.

A mon oncle : Boumediene et sa femme Wahiba, mes tantes et mes oncles paternels.

A mon oncle : Kamel et sa femme Chahinez.

A ma cousine : Karima.

A ma chère copine et binôme de travail « yasmine ».

A tous les Membres de ma famille.

Sabrina.

Résumé

Notre travail s'est effectué au niveau de l'unité cerialiere AGRO DES ALPES, notre objectif c'est la fabrication industrielle des céréales incorporées à 20% et 30% de remoulage bis, Nous avons effectués des analyses physico-chimiques et microbiologiques des matières premières et produit finis, et un test organoleptique pour ce dernier. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées montrent que les matières premières et les produits finis sont de bonne qualité notamment au bonne qualite nutritionnelle. Le test organoleptique réalisé a montré que nos céréales petit déjeuner sont mieux appréciés sur le plan texture et gout par les dégustateurs par rapport au produit temoin surtout le produit qui contient 20% de remoulage bis.

Mots clé : céréale petit déjeuner, remoulage bis, qualité nutritionnelle, formulation, organoleptique.

المخلص

تم تنفيذ عملنا على مستوى وحدة الحبوب AGRO DES ALPES ، وهدفنا هو التصنيع الصناعي للحبوب المدمجة مع إعادة تشكيل 20 % و 30 % مكرر ، قمنا بإجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمواد الخام والمنتج النهائي والاختبار الحسي لهذا الأخير. أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية التي تم إجراؤها أن المواد الخام والمنتجات النهائية ذات نوعية جيدة ، ولا سيما ذات جودة غذائية جيدة. أظهر الاختبار الحسي الذي تم إجراؤه أن حبوب الإفطار لدينا تحظى بتقدير أفضل من حيث الملمس والطعم من قبل المتذوقين مقارنة بمنتج التحكم ، وخاصة المنتج الذي يحتوي على 20% مكرر من إعادة التشكيل.

الكلمات المفتاحية: حبوب الإفطار، إعادة التشكيل، الجودة الغذائية، التركيبة، الحسية

Abstract

Our work was carried out at the level of the AGRO DES ALPES cereal unit, our objective is the industrial manufacture of cereals incorporated with 20% and 30% bis remoulding, We carried out physico-chemical and microbiological analyzes of the materials raw and finished product, and an organoleptic test for the latter. The physico-chemical and microbiological analyzes carried out show that the raw materials and the finished products are of good quality, in particular with good nutritional quality. The organoleptic test carried out showed that our breakfast cereals are better appreciated in terms of texture and taste by the tasters compared to the control product, especially the product that contains 20% bis remoulding.

Keywords: breakfast cereal, bis remoulding, nutritional quality, formulation, organoleptic

Sommaire

Remerciement

Résumé

المخلص

Abstract

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....2

Etude bibliographique

CHAPITRE I : Le blé tendre et la mouture de blé tendre.

| | | |
|-----------|---|----|
| I.1 | Le blé tendre | 5 |
| I.1.1 | Définition | 5 |
| I.1.2 | Structure | 5 |
| I.1.2.1 | Les enveloppes | 6 |
| I.1.2.2 | L'endosperme ou albumen | 6 |
| I.1.2.3 | Le germe | 6 |
| I.1.3 | Composition chimique du grain de blé tendre | 8 |
| I.1.3.1 | L'eau | 8 |
| I.1.3.2 | Les Glucides | 8 |
| I.1.3.3 | Les protéines | 8 |
| I.1.3.4 | Les lipides | 8 |
| I.1.3.5 | Autres constituants | 9 |
| I.2 | La mouture de blé tendre | 10 |
| I.2.1 | Le principe de la mouture | 10 |
| I.2.1.1 | Objectifs | 10 |
| I.2.2 | Mouture de blé tendre du broyage au convertissage | 11 |
| I.2.2.1 | Broyage | 11 |
| I.2.2.1.1 | Bilan du broyage | 11 |
| I.2.2.2 | Réduction | 12 |
| I.2.2.2.1 | Ligne de claquage | 12 |
| I.2.2.2.2 | Ligne de convertissage | 12 |
| I.2.3 | Les différents types de la farine | 12 |
| I.2.4 | Les coproduits de la farine | 14 |
| I.2.4.1 | Le son | 14 |
| I.2.4.2 | Les remoulages | 14 |

CHAPITRE II : Céréales petit déjeuner

| | | |
|--------|---|----|
| II.1 | Généralités | 17 |
| II.2 | Matières premières pour les céréales petit déjeuner | 18 |
| II.2.1 | Farine | 18 |
| II.2.2 | L'avoine | 18 |

| | | |
|--------|---|----|
| II.2.3 | L'orge : | 18 |
| II.2.4 | Riz : | 19 |
| II.3 | Les types des céréales petit déjeuner : | 19 |
| II.4 | Technologie des céréales petit déjeuner | 20 |
| II.4.1 | Le procédé de floconnage (flocons) : | 20 |
| II.4.2 | Le procédé de cuisson « traditionnel » (pétales) : | 21 |
| II.4.3 | Le procédé de cuisson-extrusion (ex : céréales soufflées) | 22 |
| II.4.4 | Le procédé de co-extrusion (céréales fourrées) | 22 |
| II.4.5 | Le procédé « muesli croustillant » | 23 |
| II.5 | Intérêt nutritionnel des céréales du petit déjeuner | 25 |
| II.5.1 | Les apports en protéines : | 26 |
| II.5.2 | Les apports de lipides : | 27 |
| II.5.3 | Les apports d'amidon : | 27 |
| II.5.4 | Les apports de sucres simples | 28 |
| II.5.5 | Les apports de fibres : | 28 |
| II.5.6 | Apport de minéraux et vitamines : | 28 |
| II.6 | Processus de fabrication des céréales extrudées : | 30 |
| II.7 | La qualité des céréales petit déjeuner | 31 |
| II.7.1 | La qualité hygiénique | 31 |
| II.7.2 | La qualité nutritionnelle | 32 |
| II.7.3 | La qualité organoleptique | 32 |

Etude expérimentale

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes

| | | |
|-----------|---|----|
| III.1 | Démarche expérimentale : | 33 |
| III.2 | Matières premières : | 34 |
| 1 | : La farine panifiable | 34 |
| 2 | : Remoulage blanc. | 34 |
| III.3 | Méthodes d'analyses | 35 |
| III.3.1 | Les analyses physico-chimiques | 35 |
| III.3.1.1 | Teneur en eau (Dessiccation) (NF- V 03-050, 1970) | 35 |
| III.3.1.2 | Le taux de cendre (Calcination)(NF V 05-113, 1972) | 35 |
| III.3.1.3 | Dosage de protéine (Kjeldhal) (NF- V 03-050, 1970) | 36 |
| III.3.1.4 | Acidité grasse. (JO n°35-7.7.2013) | 38 |
| III.4 | Les analyses microbiologiques | 40 |
| III.4.1 | Préparation des dilutions en vue de l'analyse microbiologique | 40 |
| III.4.2 | Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) (NF 08-051 ; Norme Jour /Alg/1991) | 40 |
| III.4.3 | Dénombrement des coliformes fécaux (Escherichia Coli). (N FV08-017 ; Norme Jour /Alg/1991) | 41 |
| III.4.4 | Recherche et dénombrement des levures et moisissures (Norme XPV08-059) | 41 |
| III.4.5 | Recherche et dénombrement des staphylococcus aureus (NF ISO06888) | 42 |

| | |
|--|-----------|
| III.4.6 Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteur (NFV08-061 ; Jour/Alg/1998)..... | 42 |
| III.4.7 Recherche de Salmonella (NF 086-052)..... | 43 |
| III.5 Formulation des céréales petit déjeuner :..... | 44 |
| III.5.1 Ingrédients produit témoin : | 44 |
| III.5.2 Ingrédients nouvelle recette :..... | 44 |
| III.5.3 Les Etapes de fabrication des céréales petit déjeuner..... | 45 |
| III.6 Méthodes d'Analyses des céréales petit déjeuner | 46 |
| III.6.1 Echantillonnage | 46 |
| III.6.2 Analyses physico-chimiques des céréales petit déjeuner | 46 |
| III.6.3 Analyses microbiologiques des céréales petit déjeuner | 46 |
| III.6.4 Analyses organoleptiques | 46 |
| Résultats et interprétations | |
| III.7 Résultats d'analyses physico-chimiques des matières premières et produit finis : | 49 |
| III.8 Les résultats d'analyses microbiologiques des matières premières et produit finis: | 51 |
| III.9 Résultats des testes organoleptique des produits finis : | 53 |
| CONCLUSION GENERALE | 60 |

ANNEXES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1: La morphologie du grain de blé (Mahi, k.2020). | 7 |
| Figure 2: Constitution histologique et fraction de la mouture. (Yvon, B.2009). | 7 |
| Figure 3: Schéma général de la mouture de blé tendre (Yvon, B.2009). | 11 |
| Figure 4: Le principe du diagramme de mouture. | 13 |
| Figure 5: Le remoulage de blé. (Delphine, L et al., 2007) | 15 |
| Figure 6: Les céréales petit déjeuner. | 17 |
| Figure 7: les flocons d'avoine. | 20 |
| Figure 8: Les céréales en pétales. | 21 |
| Figure 9: Les céréales soufflées. | 22 |
| Figure 10: Les céréales fourées. | 22 |
| Figure 11: muesli croustillant. | 23 |
| Figure 12: Les matières premières. | 34 |
| Figure 13: Diagramme de production des céréales petit déjeuner. | 45 |
| Figure 14: Céréale petit déjeuner à base de 20% remoulage bis. | 53 |
| Figure 15: Produit témoin. | 53 |
| Figure 16: Céréale petit déjeuner à base de 30% remoulage bis. | 54 |
| Figure 17: Résultats de l'évaluation de la forme des céréales petit déjeuner. | 54 |
| Figure 18: Résultats de l'évaluation de l'état de surface des céréales petit déjeuner. | 55 |
| Figure 19: Résultats de l'évaluation de la texture des céréales petit déjeuner. | 56 |
| Figure 20: Résultats de l'évaluation de la couleur des céréales petit déjeuner. | 57 |
| Figure 21: Appréciation de l'odeur des céréales petit déjeuner obtenus. | 58 |
| Figure 22: Appréciation du goût des céréales petit déjeuner obtenus. | 59 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Composition chimique des différentes parties du grain de blé pour 100 g de matière sèche. | 9 |
| Tableau 2: La composition chimique du remoulage de blé. (Delphine, L et al., 2007)..... | 15 |
| Tableau 3: Les principaux types des céréales prêtes à l'emploi et leur qualité nutritionnelle correspondante. (Delphine, L et al., 2007)..... | 24 |
| Tableau 4: Composition en macro et micro nutriments des céréales du petit déjeuner prêtes à l'emploi à destination des enfants et des adultes. (Delphine, L et al., 2007) | 26 |
| Tableau 5: Les apports nutritionnels de trois exemples types de Céréale petit déjeuner. | 29 |
| Tableau 6: Le Processus de fabrication des céréales extrudées | 30 |
| Tableau 7: Matières premières. | 34 |
| Tableau 8: Résultats d'analyses physico-chimiques de la farine et le remoulage bis et le remoulage blanc. | 49 |
| Tableau 9: Résultats d'analyses physico-chimiques des céréales pour petit déjeuner (avec la farine panifiable, le remoulage bis). | 50 |
| Tableau 10: Résultats d'analyses microbiologiques de la farine, remoulage bis, remoulage blanc..... | 51 |
| Tableau 11: Les résultats d'analyses microbiologiques des céréales petit déjeuner. | 52 |

LISTE DES ABRÉVIATIONS

GR : Les gros refus.

GS : Les gros sons.

FR : Les fins refus.

FS : Les fins sons.

CL : Claqueur.

C : Convertisseur.

B : Broyeur.

CPD : Céréales petit déjeuner.

VF : Viande de foie.

TSE : Eau physiologique peptonée.

OGA: Oxytetracycline glucose yeast agar.

PCA : Plate Count Agar.

VRBL : Gélose jaune et lactose rouge violet.

GAMT : Germe aérobie mésophile totale.

DM : Dry matter (matière sèche)

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les produits céréaliers constituent l'aliment principal du petit déjeuner. La qualité nutritionnelle de cet aliment peut être extrêmement variable selon le choix des matières premières et des procédés de transformation. **(Delphine, L et al., 2007)**

Il est aujourd'hui bien établi que la consommation de céréales complètes est préférable à l'utilisation des céréales raffinées pour la prévention de diverses maladies métaboliques telles que le diabète de type 2, les maladies cardio-vasculaires ou certains cancers.

De plus, la consommation de produits à index glycémique modéré est également associée à une moindre prévalence de diabète, et à une meilleure maîtrise de la sur charge pondérale par des effets métaboliques ou par une action sur la sensation de satiété.

Le remoulage est un sous produit de la mouture de blé tendre c'est un produit riche en amidon, en protéines et en matières minérales.

Les remoulages bis sont plus riches en cendres que les blancs et sont plus colorés. Le mélange de ces deux types de sous-produits donne un produit communément appelé remoulage demi-blanc.

C'est Dans cette optique que s'inscrit notre travail qui porte sur la possibilité d'incorporer le remoulage dans la fabrication d'une marque locale de céréales.

A travers de ce travail, nous discuterons de l'importance du petit déjeuner dans l'équilibre alimentaire , puis nous discuterons la qualité nutritionnelle et du process de fabrication.

Étude bibliographique

CHAPITRE I :

Le blé tendre et la mouture de blé tendre.

I.1 Le blé tendre :

I.1.1 Définition :

Le mot « Blé » est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*, Ce sont des plantes annuelles de la famille des graminées ou Poaccées, cultivées dans de très nombreux pays. (Messid, N et Radja, H, 2016 et Mahi, K. 2020).

Le « grain de blé » : est un fruit sec indéhiscant (caryopse), dans lequel les enveloppes du fruit sont intimement soudées à celles de la graine. Cette graine est caractérisée par la présence d'un tissu de réserve ou « albumen » indépendant de l'embryon, il est de forme ovoïde plus ou moins allongée, avec une face dorsale plus ou moins bombée et une face ventrale comportant un sillon profond. (Luc, S. 2012).

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

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

Il est cultivé pour faire la farine utilisée dans la fabrication du pain et des biscuits, auxquels il apporte une richesse en glucides et en protéines.

I.1.2 Structure :

Le grain de blé est de forme ovoïde plus ou moins allongée, son examen révèle :

- Une face dorsale plus ou moins bombée.
- Une face ventrale, comportant un sillon profond.
- A sa partie supérieure, de courts poils forment la brosse.
- A sa partie inférieure, le germe est visible sur la face dorsale.

Un grain de blé est formé de trois régions :

- Les enveloppes.
- L'endosperme ou albumen.
- Le germe.

I.1.2.1 Les enveloppes :

Elles se composent de plusieurs couches de cellules superposées. Elles constituent 12 à 17% du poids total du grain. Elles protègent le grain de blé contre les différentes détériorations externes.

En allant de la périphérie du grain vers son centre, on distingue :

- Le péricarpe, paroi externe, renferme 3 à 6 % des enveloppes (31% du poids des enveloppes). Il comprend l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe.
- Le tégument séminal ou testa qui représente 2 à 3 % des enveloppes (7 à 8% du poids des enveloppes).
- La bande hyaline et l'assise protéique (ou couche aleurone), intimement soudées et adhérentes, constituent 5 à 10 % des enveloppes (61 à 62 % du poids des enveloppes).

I.1.2.2 L'endosperme ou albumen :

C'est l'amande du grain qui représente 80 à 82 % du poids total du grain de blé. Elle est formée des grandes cellules allongées remplies de grains d'amidon de différentes démentions, enchâssées dans un réseau protéique appelé « gluten ».

C'est la partie alimentaire du grain qui donnera de la farine ou de la semoule. L'amande est farineuse dans le cas du blé tendre, et vitreux dans le cas du blé dur.

I.1.2.3 Le germe :

C'est l'embryon de la future plante, il constitue 2 à 3 % du poids total du grain de blé. Il se situe à l'extrémité du sillon (face dorsale) de couleur jaune verdâtre.

Il a une odeur et une saveur agréable de noisette. Le germe est riche en vitamines et matières minérales, il renferme également des matières grasses et des protéines. Il est la cause de la coloration de fond jaunâtre aux farines lors de la mouture. Le germe contient également de diastases (enzymes).

CHAPITRE I : LE BLE TENDRE ET TECHNIQUE D'OBTENTION DE LA FARINE

- La figure n° 01 illustre les différentes parties composant une graine de blé.

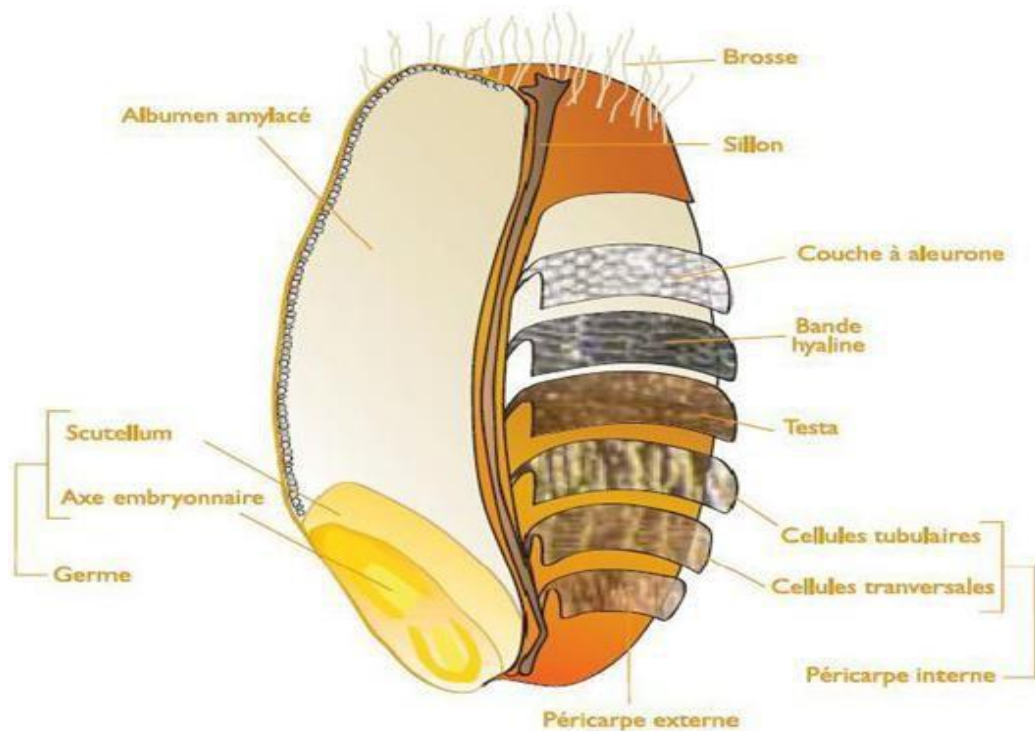


Figure 1: La morphologie du grain de blé (Mahi, k.2020).

La constitution histologique et fraction de la mouture sont présentées par la figure n° 2.

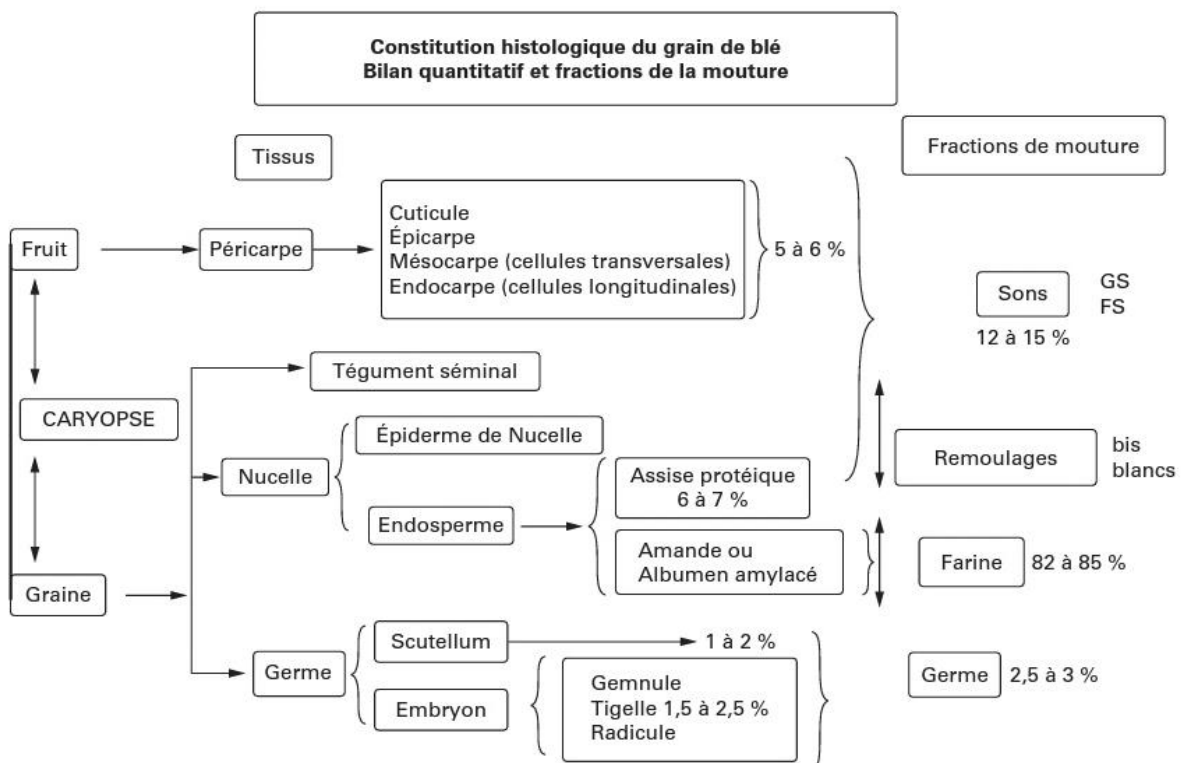


Figure 2: Constitution histologique et fraction de la mouture. (Yvon, B.2009).

I.1.3 Composition chimique du grain de blé tendre :

Le grain de blé mûr contient de nombreuses substances telles que : les glucides, les Lipides, sels minéraux, les vitamines, les enzymes et d'autres substances susceptibles de jouer un rôle dans l'alimentation humaine.

La composition chimique des différentes parties d'un grain de blé, dépend d'un certain nombre de facteurs tels que : le climat, la variété de blé, la nature du sol, les amendements et les technique culturales. (Messid, N et Radja, H. 2016, et Nabi, A et Hadjab, B. 2018).

I.1.3.1 L'eau :

L'eau est un constituant instable et son taux susceptible de varier dans le temps, par suite des échanges avec l'atmosphère, ou entre les particules constituant le produit.

Un taux d'humidité inférieur à 14 % prolonge la durée de conservation sans risque d'altération par les micro-organismes.

I.1.3.2 Les Glucides :

Les glucides sont les composants les plus importants au grain de blé, représentant 80% de la matière sèche (poids de grain). Il se compose généralement de l'amidon 65 à 75 % et pentosanes.

I.1.3.3 Les protéines :

Le blé à généralement une teneur en protéines de l'ordre de 11 à 14 %, une partie de ces protéines se présente sous forme de gluten.

Il existe 4 groupes protéiques chez le blé :

- Albumine.
- Globuline.
- Gliadine.
- Glutamique.
- L'albumen et globulines sont des protéines cytoplasmiques souvent regroupées des protéines métaboliques (protéine de structure).
- Les Gliadines et les Glutamiques sont des protéines de réserves.

I.1.3.4 Les lipides :

Les lipides représentent 3 % du poids sec du grain du blé , leur teneur et leur composition varient de façon notable.

Le germe est la partie du blé qui contient plus de lipides.

CHAPITRE I : LE BLE TENDRE ET TECHNIQUE D'OBTENTION DE LA FARINE

I.1.3.5 Autres constituants :

Le grain de blé renferme également les constituants suivants :

- Les enzymes telles que : les α et β amylase, des protéases ainsi que des lipases, des lymphoblastes, des éléments minéraux : Environ 95 % de sel minéraux des céréales sont à la base du phosphore et du potassium.
- Les vitamines de groupe B (B1 et B 2) et l'acide nicotinique.
- La composition chimique des différentes parties du grain de blé pour 100 g de matière sèche est montrée par **le tableau 1. (Yvon, b.2009).**

Tableau 1: Composition chimique des différentes parties du grain de blé pour 100 g de matière sèche.

| Partie du grain de blé | | % de la masse du grain | Matières protéiques | Matières minérales | Matières grasses | Matières cellulosiques | pentosanes | Amidon |
|------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------|------------|--------|
| Son | Péricarpe | 4 | 7-8 | 3-5 | 1 | 25-30 | 25-43 | 0 |
| | tégument séminal | 1 | 15-20 | 10-15 | 3-5 | 30-35 | 25-30 | 0 |
| | Epiderme nucellaire assise protéique | 7-9 | 30-35 | 6-15 | 7-8 | 6 | 30-35 | 10 |
| Germe | | 3 | 35-40 | 5-6 | 15 | 1 | 20 | 20 |

I.2 La mouture de blé tendre :

I.2.1 Le principe de la mouture

I.2.1.1 Objectifs

L'objectif technologique de la mouture consiste à séparer l'amande farineuse du son et du germe, puis à réduire l'amande en farine.

Pour obtenir ce résultat, il faut que le blé (figure 1) soit industriellement pur (nécessité d'un nettoyage) et préparé d'une façon optimale (incorporation d'eau suivie d'un temps de repos adéquat et différenciation à faire pour le blé tendre : blé soft, medium, hard). L'assise protéique du grain de blé constitue la première assise de l'endosperme, mais par la nature cellulosique de ses parois, elle s'apparente beaucoup plus aux enveloppes, aux quelles elle est intimement soudée, qu'à l'amande farineuse (figure 3 et tableau 1). **(Yvon, B .2009)**

Le procédé classique de la mouture par cylindres permet d'ouvrir le grain pour réduire l'amande de l'intérieur vers l'extérieur. Un autre procédé par abrasion (appelé procédé « Trigotec » ou « Peritec ») permet, après incorporation d'eau (3 à 4 %) et un temps de repos court, de travailler ou usiner le grain de l'extérieur vers l'intérieur.

Le rendement technique d'une farine (type 55), par rapport au premier broyeur (blé exempt d'impuretés + eau), se situe dans la fourchette de 75 % à 80 %, avec une moyenne à 78%. **(Figure 3).**

Les gros sons représentent environ 7 %, les fins sons 6 %, les remoulages bis 5 %, les remoulages blancs 2 %, avec une freinte de 2 % (représentée par une évaporation d'eau).

- Le schéma général de la mouture de blé tendre est représenté par la figure n°3.

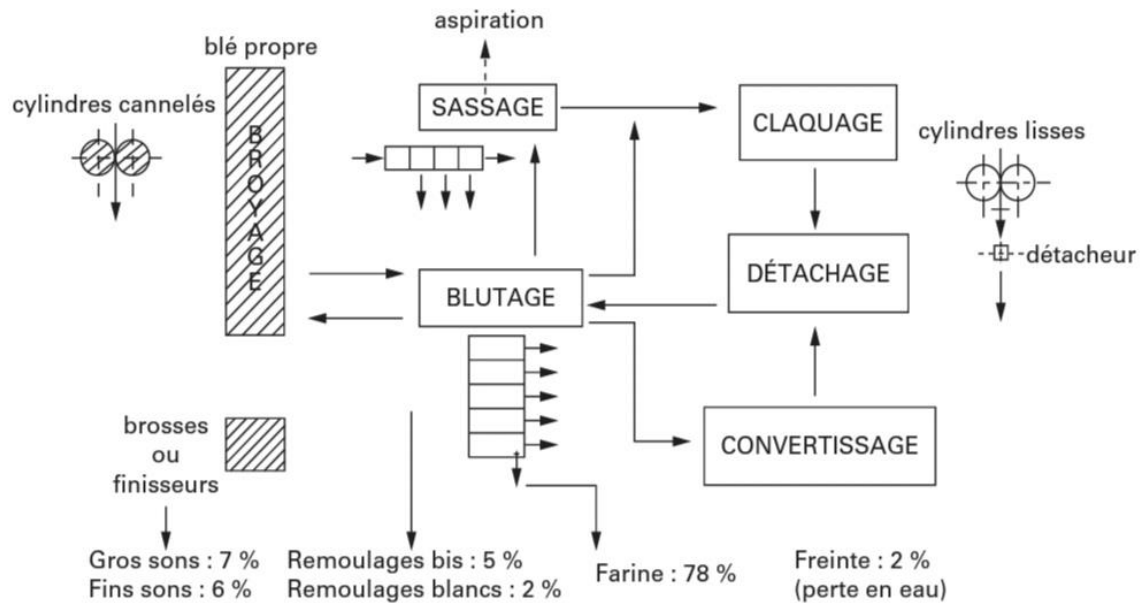


Figure 3: Schéma général de la mouture de blé tendre (Yvon, B.2009).

I.2.2 Mouture de blé tendre du broyage au convertissage :

I.2.2.1 Broyage :

L'opération de broyage a pour objectifs : (Yvon, Bourson.2009)

- La séparation de l'amande farineuse du son et du germe.
- La séparation des refus et leur récupération : les gros refus (GR) devenant les gros sons (GS), les fins refus (FR), devenant les fins sons (FS).
- Le blutage et la division des semoules.
- L'extraction de la farine.

I.2.2.1.1 Bilan du broyage :

Après broyage, l'amande et la périphérie sont réparties en trois qualités (FIGURE 4) :

- La première qualité est représentée par des grosses et moyennes semoules qui vont vers CL1, des fines semoules qui vont vers CL2, des finots qui vont vers C1 et un produit fini représenté par la farine de B1 et B2.
- La deuxième qualité est représentée par des semoules à demi-finis (vers CL3), des finots qui vont vers C2 et un produit fini représenté par la farine de B3.
- La troisième qualité est représentée par des semoules aux trois-quarts ou presque finis qui vont vers CL4, par des finots qui peuvent aller soit vers C3 ou C4, par un produit fini

représenté par la farine de B4, B5 et enfin, par le tégument du fruit et de la graine devenant les gros et fins sons.

I.2.2.2 Réduction :

La réduction introduit la fonction de convertissage. Cette appellation de convertissage regroupe en réalité la fonction de claquage et la fonction de convertissage.

I.2.2.2.1 Ligne de claquage :

La ligne de claquage reçoit en général des produits plus gros, plus dispersés, que ceux reçus par la ligne de convertissage. La granulométrie est comprise entre 200 µm et 1000 µm, chaque claqueur alimentant le claqueur suivant.

I.2.2.2.2 Ligne de convertissage :

Les convertisseurs reçoivent les finots du broyage, les gruaux des claqueurs et généralement pour un convertisseur désigné, les gruaux du convertisseur qui le précède. Ce sont des produits de grosseurs intermédiaires entre la farine et les semoules.

Le travail de réduction des produits fins progresse plus lentement que celui des gros. Leur résistance à l'écrasement est fonction de l'origine du produit (les finots de B4 et B5 sont plus résistants car plus proches de l'assise protéique), cependant, avec six passages de convertissage, on atteint en principe un épuisement suffisant des finots et des gruaux.

I.2.3 Les différents types de la farine :

Ils existent deux types de farines produites en Algérie (**Benlemmane, S .2012**) :

- Farine de type courant
- Farine supérieure
- La classification des farines est en fonction de leurs teneurs en cendres, elle prend en compte la notion de la pureté des farines, qui peut être assimilée à la proportion d'enveloppes dans la farine ou taux d'extraction.

Il existe un certain nombre de type de farine :

- T45 : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.
- T55 : Farine utilisée pour le pain de compagne.
- T65 : Farine blanche sert à faire le pain de compagne.
- T80 : Farine bise au semi complète utilisée couramment dans la boulangerie biologique sert à faire le pain semi complet.
- T110 : Farine complète.
- T150 : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet.

- Le principe du diagramme de mouture est montré par la figure 4 (Yvon, B.2009) :

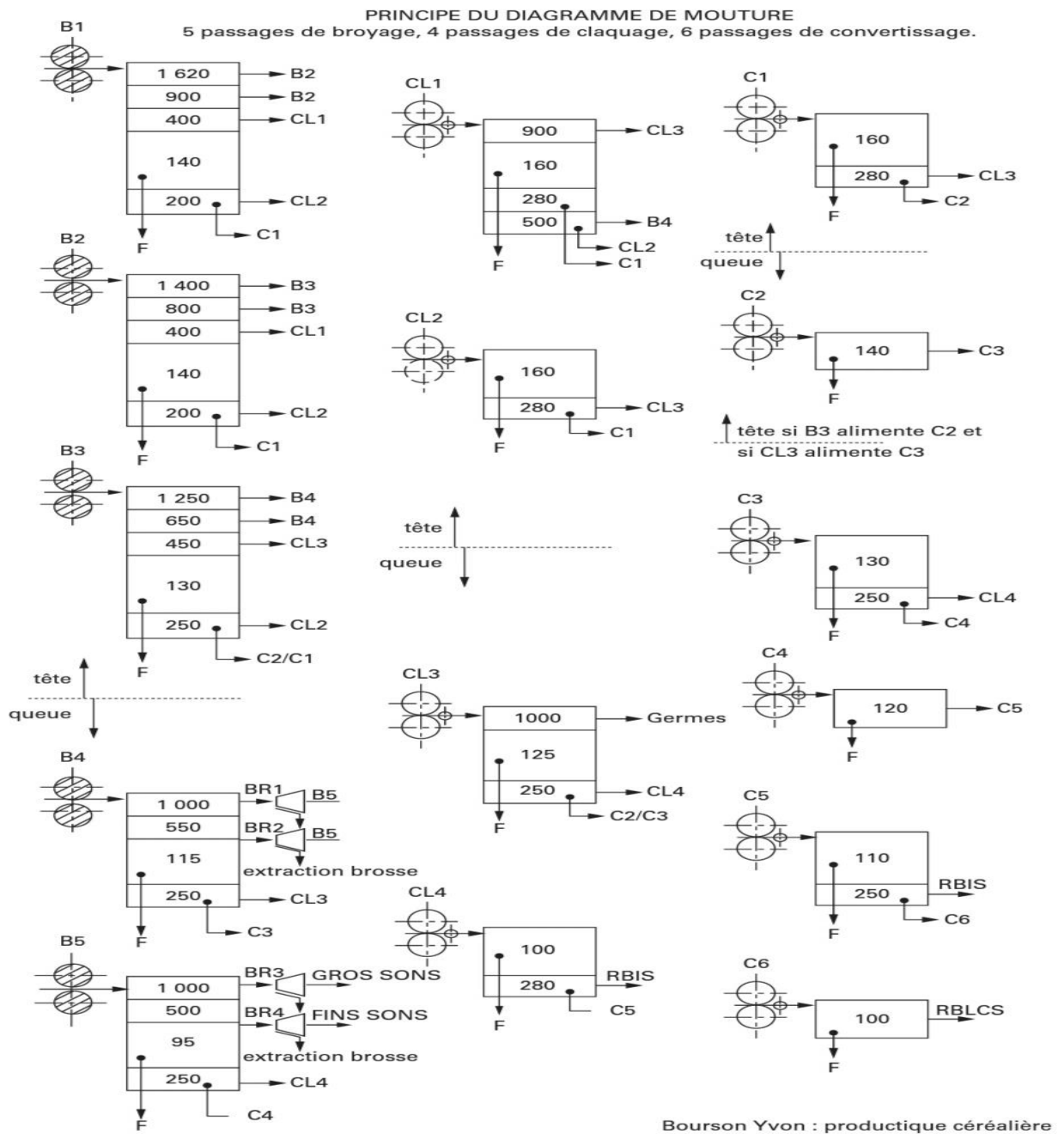


Figure 4: Le principe du diagramme de mouture.

- **NB** : Les remoulages bis et blancs sont obtenus au niveau des claqueurs et des convertisseurs.

I.2.4 Les coproduits de la farine :

I.2.4.1 Le son :

Le son de blé est un coproduit du mino germe, l'une des trois fractions de la mouture.

Ce sont des coproduits obtenus lors de la fabrication de farine à partir de grains de blé ou d'autre décortiqués préalablement nettoyés. « Ils sont constitués principalement de fragments d'enveloppes et aussi des particules de grains dont la plus grande partie de l'endosperme a été enlevée » (**décret 86/10037 du 15 septembre 1986**).

Il est riche en fibres et de faible valeur énergétique, le son contient généralement :

- < 15 % d'humidité.
- < 6,5 % de matières minérales.
- < 11,5 % de cellulose brute.
- < 22 % d'amidon.

I.2.4.2 Les remoulages :

Ce sont des coproduits obtenus lors de la fabrication de farine à partir de grains de blé ou d'épeautre décortiqués, préalablement nettoyés. « Ils sont constitués principalement de fragments d'enveloppes et aussi de particules de grains dont on a enlevé moins d'endosperme que dans le son de blé ». D'une valeur énergétique élevée, sont :

- < 15 % d'humidité.
- < 5 % de matières minérales.
- < 8,5 % de cellulose brute.
- >22 % d'amidon.

Les remoulages appelés parfois farine deuxième, sont constitués de fragments d'enveloppes de couleur rougeâtre et des couches d'aleurone. On peut distinguer le remoulage blanc qui représente le refus en fin de claquage qui est riche en farine et le remoulage bis de couleur rougeâtre, formé de fragments d'enveloppes. Il se présente sous forme de farine. Le remoulage de blé est une matière première qui par sa teneur en amidon est facilement digestible.

Dans le diagramme de mouture, les remoulages (bis et blanc) sortent après les sons et avant les farines basses. Il représente le dernier sous-produit de la mouture avant la farine.

Le remoulage blanc présente les caractéristiques énergétiques du blé, tout en étant plus riche en protéines (assises protéiques du blé) et parois (source de cellulose digestible). Son profil en acides aminés est proche de celui du blé d'origine (plus intéressant en lysine digestive et méthionine digestive).

CHAPITRE I : LE BLE TENDRE ET TECHNIQUE D'OBTENTION DE LA FARINE

Le remoulage est pauvre en minéraux (surtout en calcium), mais riche en phosphore et vitamine E.

Le remoulage, est une source importante d'énergie (2320 à 3000 Kcal d'énergie métabolisable selon les variétés de blé).



Figure 5: Le remoulage de blé. (Delphine, L et al., 2007)

Tableau 2: La composition chimique du remoulage de blé. (Delphine, L et al., 2007)

| Analyse principale | Unité | Moyenne |
|---------------------------|--------------|----------------|
| Matière sèche | % En nourris | 88,0 |
| Protéine brute | % DM | 15,5 |
| Cellulose brutes | % DM | 7,0 |
| Matières grasse | % DM | 3,6 |
| Cendre brute | % DM | 3,6 |
| Les sucres totaux | % DM | 5,0 |
| Calcium | g / kg MS | 0,14 |
| Phosphore | g / kg MS | 1,05 |
| Potassium | g / kg MS | 1,3 |
| Sodium | g / kg MS | 0.03 |
| Magnésium | g / kg MS | 0,42 |
| Clore | mg / kg MS | 0.08 |

CHAPITRE II :
Céréales petit déjeuner

II.1 Généralités :

Le premier repas de la journée qui est “ le petit déjeuner” est primordiale pour démarrer bien la journée donc il ne faut pas se priver, car il assure l'équilibre alimentaire et permet de couvrir les besoins nutritionnels d'une personne durant la demi-journée.

Les céréales pour petit déjeuner, dite aussi céréales prêtes à consommer ou à préparer, sont le deuxième produit céréalier le plus consommé au petit déjeuner derrière le pain. Elles sont entrées dans la culture alimentaire dans notre société actuelle sous la forme que l'on connaît aujourd'hui. **(Kaci, k. 2012).**

Elles sont fabriquées à partir de céréales traditionnelles, principalement le blé, le maïs, le riz et l'avoine. Ces céréales peuvent être complètes ou raffinées et peuvent également subir des procédés de fabrication qui vont modifier la structure du grain initial. Elles font l'objet d'ajout des matières sucrantes et grasses essentiellement mais on y retrouve aussi des produits comme le malt, le sel, le miel, le chocolat, fruits secs et fruits séchés. Ces ajouts vont contribuer à une forte modification de la valeur nutritionnelle initiale des céréales. **(Camille, R et Alexandra, p.2018).**



Figure 6: Les céréales petit déjeuner.

II.2 Matières premières pour les céréales petit déjeuner :

II.2.1 Farine :

C'est le produit obtenu par la mouture de l'amande de grain de blé tendre.

Généralement la farine est constituée de l'albumen, de granules d'amidon, de protéines, de parois cellulaires et de fragment d'enveloppes de grain.

En effet, la farine résulte de mouture et de broyage dans les quels le son et le germe sont éliminés et le reste réduit en poudre fine. **(Benlemmane, S. 2012.et Kellou, R. 2008).**

II.2.2 L'avoine :

L'avoine est une graminée dont les grains sont portés par des grappes lâches (panicules).

L'enveloppe de l'avoine est difficile à éliminer, ce qui fait que le grain, même déshabillé, est riche en fibres végétales. Il semble avoir une plus grande efficacité protéique que le blé, le seigle ou l'orge. C'est aussi une céréale source de lipides, essentiellement représentés par des acides gras mono-insaturés et poly-insaturés oméga 6.

Depuis quelques années, l'intérêt pour l'avoine comme aliment bénéfique pour la santé s'est accru. En effet, de nombreuses études ont démontré qu'une fibre particulière de l'avoine le bêta-glucane a des propriétés régulatrices de la glycémie et également du taux de cholestérol sanguin.

Un nombre de plus en plus élevé d'études porte à croire que l'avoine a un effet positif sur le diabète, la gestion du poids, la satiété et les antioxydants. **(Dano. A et al. 2014)**

II.2.3 L'orge :

L'orge est une plante annuelle de la classe des monocotylédones, qui appartient à la famille des graminées et au genre *Hordeum* qui comprend 31 espèces.

Il est l'une des céréales les plus importantes dans le monde, se situant au quatrième rang des céréales pour la production de grains. Et peut donc jouer un rôle important dans la qualité de la nutrition et de l'alimentation et la santé humaine.

L'orge fut utilisée pour la farine d'orge pour la fabrication du pain quand le blé manquait. Elle se retrouve encore de nos jours dans la cuisine sous forme de grains, de gruaux ou de flocons.

On la prépare pour des soupes, des crèmes et des décoctions, il peut être également consommée par les nourrissons puis qu'elle a de nombreuses vertus en contenant du phosphore, du calcium, du fer, du potassium, du magnésium, des glucides complexes, des minéraux et de nombreuses vitamines (B1, B2, PP) et de la provitamine A.

De plus, cette céréale réduit le risque d'hypotension, de déminéralisation, d'affections pulmonaires, d'atonie gastrique, d'hépatisme, de diarrhées, d'inflammation des voies urinaires, d'états fébriles, et il est efficace contre les maladies du cœur, la constipation et autres dérèglements du système digestif, et probablement également contre le cancer. La façon dont l'orge réduit le taux sanguin de cholestérol est semblable à celle des spécialités pharmaceutiques anti cholestérol. (Zibouche, M et Grimes, CH. 2016).

II.2.4 Riz :

Le riz est une céréale appartenant à la famille des graminées, il est riche en énergie et constitue une bonne source de protéines. En raison de la quantité consommée, c'est la principale source d'énergie, de protéines, fer, calcium, thiamine, ribo flavine et niacine dans le régime alimentaire. Le riz contient de vitamine E et autres nutriments et il ne contient pas de vitamine C, D ou A. il est un aliment très énergétique. Son amidon qui est un sucre à digestion lente offre un potentiel énergétique sur une demi-journée contrairement au sucre dont l'apport énergétique est bref. L'amidon du riz est mieux digéré que celui des autres céréales ou des racines et tubercules (Sabé Yélian, M. 2009).

II.3 Les types des céréales petit déjeuner :

Il existe différentes catégories des céréales petit déjeuner : (Delphine, L et al. 2007)

- Les céréales éclatées.
- Les céréales soufflées.
- Les céréales en pétale.
- Les céréales extrudées.
- Müesli floconneux.
- Müesli croustillant.

II.4 Technologie des céréales petit déjeuner

Les principaux process technologiques appliqués sont :(Delphine, L et al. 2007)

II.4.1 Le procédé de floconnage (flocons) :

- Écrasement du grain par une floconneuse.
- Pré-cuisson à la vapeur des flocons.
- Séchage.
- Utilisation des flocons avec du lait ou dans diverses préparations après cuisson de courte durée.
- Addition possible de diverses graines ou fruits secs (*muesli*).



Figure 7: Les flocons d'avoine.

II.4.2 Le procédé de cuisson « traditionnel » (pétales) :

- Procédé le plus ancien Grains de céréales entiers ou brisés (hominies de maïs, grains de riz entiers, blé entier concassé,...) incorporés dans un cuiseur rotatif avec un sirop de sucre, du malt et du sel (cuisson vapeur pendant 1h30 sous 1, 2 à 1, 5 bars).
- Séchage à 60°C ou 100 °C (humidité finale de 20%).
- Transformation en pétales sous l'action du minoir grains et/ou pellets sont grillés dans un toasteur à 250°C -300°C (humidité finale de 3%).



Figure 8: Les céréales en pétales.

II.4.3 Le procédé de cuisson-extrusion (ex : céréales soufflées)

- Passage au travers d'un orifice de petite dimension d'un mélange pulvérulent sous forme de poudre ou de farine (farine de blé, parfois complète, farine de maïs et de riz), sous l'action de fortes pressions (70 à 110 bars), de hautes températures (100-200°C) et de forces de cisaillement élevées.
- Mélange ou enrobage avec divers ingrédients (saccharose, cacao, miel,...).



Figure 9: Les céréales soufflées.

II.4.4 Le procédé de co-extrusion (céréales fourrées)

- Très similaire au procédé d'extrusion.
- Remplissage du cœur du produit à l'aide d'une buse d'un fourrage chocolaté ou aux fruits produits.
- Généralement coupés tous les 2cm.



Figure 10: Les céréales fourrées.

II.4.5 Le procédé « muesli croustillant »

- Transformation en flocons des grains de céréales (généralement flocons d'avoine).
- Pré-traitement à la vapeur.
- Mélange avec sirop de saccharose, huile végétale et sel (éventuellement aromatisation).
- Mélange à plat isurune épaisseur de 2cm Cuisson dans un four à 140-150°C pendant 15-20 min.
- Produit refroidi puis concassé pour obtenir des mottes de céréales.



Figure 11: muesli croustillant.

Tableau 3: Les principaux types des céréales prêtes à l'emploi et leur qualité nutritionnelle correspondante. (Delphine, L et al., 2007)

| Type de céréales prêtes à l'emploi | Qualité nutritionnelle |
|--|--|
| Le procédé de floconnage (flocons) | Bonne densité nutritionnelle et énergétique Apport en calcium via le lait les moins riches en sucres simples |
| Le procédé de cuisson «traditionnel » (pétales) | Forte gélatinisation de l'amidon Destruction des vitamines Création de composés néoformés Riche en sucres simples |
| Le procédé de cuisson-extrusion (ex. : céréales soufflées) | Forte gélatinisation de l'amidon diminution de la digestibilité des protéines et de la bio disponibilité de certains acides aminés (ex. : lysine), et riche en sucres simples Jusqu'à 50% de destruction de la thiamine |
| Le procédé de co-extrusion (céréales fourrées) | Forte gélatinisation de l'amidon Les plus riches en matières grasses Riche en sucres simples |
| Le procédé « muesli croustillant » | Forte gélatinisation de l'amidon Riche en sucres simples |

II.5 Intérêt nutritionnel des céréales du petit déjeuner

Les céréales du petit déjeuner constituent un support nutritionnel intéressant lorsqu'elles sont fabriquées à partir des céréales complètes, car elles sont riches en glucides complexes (amidon et fibres), en vitamines et minéraux, pauvres en matières grasses, et de surcroît sont souvent consommées avec du lait (source de calcium). Les flocons classiques types flocons d'avoine et le muesli enrichi en graines et en fruits secs sont d'excellents produits céréaliers. Les autres céréales du petit déjeuner pourraient à première vue constituer un aliment de base nutritionnellement satisfaisant pour le petit déjeuner, mais à condition qu'elles soient fabriquées avec des technologies plus douces (à savoir des températures plus basses et des durées de cuisson plus courtes) et qu'elles contiennent le moins possible de sucres et de produits néoformés.

Il est difficile d'attribuer un impact nutritionnel intéressant à toutes les céréales de petit déjeuner en particulier lorsqu'elles sont riches en sucre, en matières grasses ou en farine raffinée. Or, ce type des céréales représente la majorité des produits consommés par les enfants.

Sans ajout d'ingrédients particuliers, les céréales du petit déjeuner sont avant tout des sources de protéines, de glucides complexes, de fibres et de micronutriments.

Tableau 4: Composition en macro et micro nutriments des céréales du petit déjeuner prêtes à l'emploi à destination des enfants et des adultes. (Delphine, L et al., 2007)

| | Produits pour enfants | | | Produits pour adultes | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|-------------|--------------------------------|
| | Tout produits | Exemple 1 | Exemple 2 | Tout produits | Exemple 1 | Exemple 2 | Exemple 3 |
| Pour 100 g de produit | (n = 15) ² | Grains de riz soufflés nature | Céréales fourrées au chocolat | (n = 17) ² | Flocons d'avoine | Corn flakes | Spéciale K feuille de chocolat |
| Valeur calorique (kcal) | 384 ± 22 [350-431] ³ | 392 | 410 | 363 ± 17 [323-396] | 367 | 362 | 396 |
| Lipides (g) | 3,8 ± 4,1 [0,5-13,5] | 1,5 | 12,9 | 4,8 ± 3,1 [0,7-8,9] | 7,5 | 0,8 | 7 |
| Glucides simples (g) | 31,7 ± 7,9 [7,5-41,1] | 7,5 | 33,5 | 17,7 ± 7,1 [0,8-27,8] | 0,8 | 6,5 | 24,5 |
| équiv.morc. de sucre (/60g) | 3,5 ± 0,9 [0,8-4,5] | 0,8 | 3,7 | 1,9 ± 0,8 [0,1-3] | 0,1 | 0,7 | 2,7 |
| Fibres (g) | 3,2 ± 2,0 [0,8-7,6] | 0,8 | 5,2 | 7,1 ± 3,9 [2,4-15,6] | 7 | 3,4 | 3,9 |
| Fer(mg) | 6,7 ± 2,9 [3,1-11,8] | 4 | 5,3 | 7,1 ± 4,6 [1,6-15] | 3,3 | 7,6 | 10,7 |
| Vitamine B9 (µg) | 198 ± 61 [37-271] | 183 | 157 | 224 ± 130 [47-474] | 47 | 250 | 326 |
| Vitamine B6 (mg) | 2,5 ± 0,7 [0,4-3,5] | 3,1 | 1,8 | 2,4 ± 1,6 [0,41-4,5] | 0,53 | 2,67 | 5,4 |
| Sel (g) | 0,9 ± 0,6 [0,01-1,8] | 1,7 | 0,6 | 1,1 ± 0,7 [0,01-2,1] | 0,01 | 2,1 | 1,5 |

- Moyenne ± écart-type

- Valeurs minimale et maximale

II.5.1 Les apports en protéines :

La teneur en protéines des céréales du petit déjeuner varie généralement de 4 à 7g/100g de produit. Les produits à destination des enfants sont généralement moins riches en protéine (4,5-5 g/100g) que ceux pour adultes. L'extrusion est le procédé le plus utilisé dans la fabrication des céréales du petit déjeuner : l'application de températures élevées (>180 °C) favorise le développement de produits de la réaction de Maillard (qui impliquent un sucre réducteur avec des protéines ou acides aminés). Ainsi, l'extrusion peut favoriser une diminution significative de la teneur en lysine (20 à 30 %) dans ces produits. Or, la lysine est

l'acide aminé limitant des céréales. Compte tenu des apports élevés des protéines animales dans les pays occidentaux, la valeur protéique des céréales de petit déjeuner n'est cependant certainement pas un problème majeur, surtout si elles sont associées à du lait ou à d'autres sources de protéines végétales (amande, noisette). (Delphine, L et al., 2007).

II.5.2 Les apports de lipides :

Les céréales de petit déjeuner comportent une fraction significative de matières grasses. La teneur en lipide des céréales du petit déjeuner peut varier entre 0,5 et 13, 5g/100g de produit (tableau 4). Les produits les plus riches en lipides sont généralement les céréales fourrées au chocolat à destination des enfants (environ 13 g/100g). À l'exception de ces produits, les teneurs en lipides sont donc plutôt acceptables. Pour les produits à destination des adultes, ce sont les produits contenant des fruits secs types noisettes et noix de coco qui apportent des lipides en plus (environ 7g/100g de produit). Les céréales du petit déjeuner restent malgré tout de faibles sources de lipides et sont plutôt conseillées pour les personnes désirant consommer peu de matières grasses. (Delphine, L et al., 2007).

II.5.3 Les apports d'amidon :

Les céréales de petit déjeuner peuvent être confectionnées avec des céréales qui ont un rapport amylose/amylopectine très variable, sachant que l'élévation de ce rapport diminue fortement l'index glycémique. C'est en particulier le cas du maïs, du riz et secondairement de l'orge. Un autre facteur intrinsèque aux variétés concerne la richesse des matières premières en fibres solubles (β -glucanes et arabinoxylanes) susceptibles de réduire la vitesse de digestion de l'amidon et d'absorption du glucose.

Les process technologiques appliqués aux céréales de petit déjeuner ont une incidence considérable sur le degré de gélatinisation de l'amidon, et donc sur l'élévation postprandiale de la glycémie. On admet que plus les conditions de process sont drastiques, plus rapide est la digestion de l'amidon et plus l'index glycémique est élevé en raison d'une déstructuration de la structure botanique initiale des céréales, ont par ailleurs montré que l'augmentation de l'épaisseur des flocons d'avoine de 0,5 à 1 mm réduisait l'index glycémique plus que la réduction du degré de gélatinisation de l'amidon. (Delphine, L et al. 2007).

II.5.4 Les apports de sucres simples :

Les céréales du petit déjeuner peuvent contenir des teneurs en glucides simples très variables selon les produits : de 0,8 à 41,1 g/100g (**tableau 4**).

Malheureusement, ce sont les produits à destination des enfants qui en contiennent le plus, à savoir de 7 à environ 41 g/100g, contre 1-28 g/100g pour les produits à destination des adultes. En effet, les produits sont pour la plupart enrichis en glucides simples du type glucose, fructose, saccharose, maltose ou via l'ajout de chocolat, miel, fruits secs.

Environ 80 % des glucides simples proviendraient du saccharose. Une portion de 60g de céréales du petit déjeuner peut contenir 5 à 20 g de sucre, or, les enfants ne devraient pas consommer plus de 40g de sucre par jour. Les produits pour enfants sont donc presque tous extrêmement sucrés. Cependant les céréales du petit déjeuner ne sont pas les seules sources de sucres et d'autres produits couramment consommés par les enfants (biscuits, barres chocolatées, yaourts sucrés, sodas sucrés, jus de fruits, nectars) viennent alourdir au cours de la journée les apports de sucres simples. (**Delphine, L et al., 2007**).

II.5.5 Les apports de fibres :

Les produits céréaliers sont des sources majeures de fibres alimentaires. La diversité des céréales pour petit déjeuner permet de disposer théoriquement d'une plus large gamme de fibres alimentaires en particulier par le biais de céréales riches en β -glucanes tels que l'orge et l'avoine.

En France, les produits à destination des adultes présentent des teneurs en fibres de 2,4 à 15,6g/100g de produit, alors que ceux à destination des enfants ont des teneurs de 0,8 à 7,6 g/100g (**tableau 4**).

Concernant les céréales du petit déjeuner riches en fibres, les produits se distinguent également par leur richesse plus ou moins grande en fibres solubles, mais nous ne disposons pas de données précises sur ce paramètre. Les céréales du petit déjeuner enrichis en fibres solubles (du type β -glucanes via l'ajout de son d'orge) provoquent des effets hypocholestérolémiant significatifs et ont également un impact favorable sur l'index glycémique. Une baisse du cholestérol a été observée suite à la consommation des céréales du petit déjeuner de type muesli à base de son d'avoine. (**Delphine, L et al., 2007**).

II.5.6 Apport de minéraux et vitamines :

Les céréales sont particulièrement riches en magnésium et l'accent n'a pas été suffisamment mis sur le rôle des produits céréaliers dans la couverture des besoins en magnésium, mais aussi en fer, zinc, sélénium ou autres oligoéléments. Les céréales peu raffinées sont

également des sources intéressantes de vitamines B (B1, B6 et B9).

La déperdition en vitamines dans les céréales de petit déjeuner est sans doute extrêmement variable selon les technologies utilisées. Par ailleurs, le fait d'aboutir à des pétales relativement peu épais est une source d'altération en augmentant les risques d'oxydation de surface.

De nombreuses céréales prêtes à l'emploi (environ 90 % des produits, en particulier celles qui sont confectionnées avec des farines raffinées, sont enrichies en minéraux (fer et calcium) ou en diverses vitamines (B9 et B12 principalement). De plus, l'ajout de fruits secs aux céréales du petit déjeuner est un moyen supplémentaire d'augmenter leurs teneurs en vitamines et minéraux. Les procédures d'enrichissement aboutissent paradoxalement à des teneurs supérieures à ce que l'on peut trouver naturellement dans les céréales complètes. La présence de calcium et de vitamine B12 peut ainsi contribuer à donner à ces produits dans l'esprit du consommateur, une valeur nutritionnelle intrinsèque qu'ils n'ont pas. (Delphine, L et al., 2007).

- Nous allons maintenant comparer les apports nutritionnels de trois exemples types de Céréales petit déjeuner. (Camille, R et Alexandra, p.2018)

Tableau 5: Les apports nutritionnels de trois exemples types de Céréale petit déjeuner.

| | Protéines(g) | Lipides(g) | Glucides(g) | Fibres(g) | Energie(g) |
|---|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| Flocons d'avoine | 12 | 7 | 63 | 8 | 1,5 MJ 360 kcals |
| Muesli croustillant | 7.5 | 18 | 61.5 | 8 | 1.8 MJ 430 kcals |
| Boule de maïs soufflée ou miel | 5 | 1.5 | 87 | 2 | 1,6 MJ 380 kcals |

- On remarque alors que les flocons d'avoine sont une bonne source de protéines par rapport aux autres céréales. Le muesli croustillant est moins intéressant puisqu'il contient moins de protéines et plus du double de lipides comparé aux flocons d'avoine. Au niveau des glucides les deux premiers sont relativement similaires. Par contre, les boules de maïs soufflées sont très riches en glucides notamment à cause de l'enrobage de miel, ce dernier est donc beaucoup moins intéressant d'un point de vue nutritionnel.

II.6 Processus de fabrication des céréales extrudées :

- Les étapes de fabrication des céréales extrudées selon la société agro des alpes sont présentées par le tableau suivant : **(selon l'unité de production)**

Tableau 6: Le Processus de fabrication des céréales extrudées

| Etapes | Matières | Opération | Equipement |
|---------------------------------------|--|--|--------------------------|
| 1/Préparation du mélange des intrants | Matières premières de nature poudreuses (semoule de riz, semoule de maïs, semoule de blé tendre, cacao en poudre, farine toastée, sel, sucre ...etc.). | Déversement des différentes matières premières, qui rentrent dans les recettes dans un récipient. Cette opération se fait manuellement. | Pétrisseur |
| 2/Pétrissage (malaxage) | Malaxage (mélange des matières premières +l'eau) | Il suffit de disposer le mélange qui se trouve dans le récipient à l'intérieur du mélangeur. | Pétrin |
| 3/Temporisation | Le mélange pâteux. | Le mélange pâteux sera transféré à la cuve tampon (là où il sera temporisé) par des tuyaux convoyeurs | Cuve de temporisation |
| 4/Extrusion | Cuisson de la pâte | La pâte est cuite au niveau de l'extrudeuse à une température élevée qui peut atteindre 150°C Après la cuisson la pâte passe par des moules qui donnent différentes forme (Shell, rice, ball, pillows). | Extrudeuse |
| 5/premier séchage | Séchage du produit semi fini (cuit) qui sort de l'extrudeuse | Le produit semi fini passe par un tapis convoyeur au 1er tambour de séchage ou il va subir un 1 er séchage à température approximative de 175°C (Diminution de l'humidité du produit semi fini). | Tambour de séchage |
| 6/Pulvérisation | Enrobage du produit semi fini par un spray aromatisé (chocolat /miel/caramel) | Passage du produit semi fini du 1er tambour de séchage au 2ème tambour de pulvérisation par le biais d'un tapis convoyeur. Le spray de pulvérisation est préparé dans des cuves spéciales. | Tambour de pulvérisation |

| | | | |
|--|--|--|---|
| 7/Deuxième séchage | Séchage du produit semi fini pulvérisé. | Passage du produit pulvérisé par le biais d'un tapis convoyeur au 2ème tambour de séchage à une température approximative de 120°C (diminution de l'humidité). | Tambour de séchage |
| 8/Refroidissement ou Récupération de produit semi fini | Refroidissement du produit semi fini | Acheminement des céréales par une chaîne de tapis convoyeur | Tapis convoyeur refroidisseur |
| | Récupération manuelle du produit semi fini dans les caisses de réception | Le produit semi fini séché est récupéré à partir du 2ème sécheur dans les caisses là où il sera stocké | Caisses de réception l'opération est surveillée par un employé. |
| 9/ Ensachage (mise en sac) | Mise du produit semi fini dans des sacs (emballage primaire) | Passage de produit semi fini du tamiseur aux godets puis à la multi tête enfin la distribution dans des sacs. | L'ensacheuse |
| 10/Mise en boîte | Mise en boîte du produit fini qui a été conditionné dans des sacs | Automatique par le biais de l'étuyeuse ou manuellement | Etuyeuse ou opérateur |
| 11/Mise en carton | Mise en carton des boîtes qui seront commercialisées | L'opération se fait manuellement | L'opérateur |
| 12/l'expédition | | | |

II.7 La qualité des céréales petit déjeuner

II.7.1 La qualité hygiénique

La qualité hygiénique des céréales petit déjeuner est d'une part liée à celle de la matière première mise en oeuvre et des ingrédients entrant dans la composition de la pâte, notamment la qualité microbiologique des oeufs et des poudres de lait, car ils représentent un milieu de développement favorable pour plusieurs espèces de micro organismes pathogènes tels que les salmonelles. Elle est d'autre part, liée à l'emballage du produit de point de vue nature du papier d'emballage et procédé de fermeture d'un paquet (**Haoua et Tingali, 2007**).

II.7.2 La qualité nutritionnelle

La qualité nutritionnelle d'un aliment est déterminée par la quantité et la qualité des nutriments (glucides, lipides, protéines, vitamines et sels minéraux) nécessaires au bon fonctionnement vital de l'organisme (**Haoua et Tingali, 2007**).

II.7.3 La qualité organoleptique

Le consommateur est attiré par les différentes propriétés composant cette qualité, (**Haoua et Tingali, 2007**).

- Aspect.
- Couleur.
- Texture.
- Forme.
- Saveur.
- Arôme.

Étude expérimentale

CHAPITRE III :
Matériels et Méthodes

III.1 Démarche expérimentale :

Notre expérimentation a été réalisée au niveau des sites suivants :

- Société agro des alpes Oued Smar.
- Laboratoire privée Deer control Bousmail.

L'objectif de notre pratique c'est l'incorporation du remoulage bis dans la fabrication les céréales petit déjeuner à des taux de 20 et 30%, et réaliser des essais sur l'échelle industrielle pour nous permettre de faire une comparaison sur le plan physicochimique et sensorielle par rapport au produit fabriqué par la société agro des alpes.

Dans ce contexte, on a élaboré le plan pratique suivant :

- Analyses physico chimique des matières premières (la farine panifiable, le remoulage bis, le remoulage blanc) :

- Teneur en eau.
- Teneur en cendre.
- Acidité grasse.
- Dosage de protéine.

- Analyses microbiologique des matières premières (la farine panifiable, le remoulage bis, le remoulage blanc) :

- Bacillus.
- Escherichia coli.
- Bactérie anaérobies sulfite-réducteur, Clostridium.
- Staphylococcus aureus.
- Levure et moisissure.

- Formulation des céréales petit déjeuner par l'incorporation de 20% remoulage bis.

- Formulation des céréales petit déjeuner par l'incorporation de 30 % remoulages bis.

- Analyses du produit finis :

• Analyses physico chimiques :

- Teneur en eau.
- Teneur en cendre.
- Acidité grasse.

- Analyses microbiologiques :
 - Germe aérobie à 30°C.
 - Escherichia coli.
 - Levure et moisissure.
 - Staphylococcus aureus.
 - Salmonella.
- Analyses sensorielles :
 - La forme.
 - Etat de surface.
 - La Texture.
 - La couleur.
 - L'odeur.
 - Le Gout.

III.2 Matières premières :

- Les matières premières utilisées au cours de notre pratique sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau 7: Matières premières.

| Matière première utilisée | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Quantité | 5kg | 5kg | 5kg |
| Lieu de prélèvement | Commercial | Claqueur | Claqueur |
| Origine | Sidi Medjbeur | Société agro dive | Société agro dive |
| Date de péremption | 6 mois | 6 mois | 6 mois |

- 1 : La farine panifiable.**
- 2 : Remoulage blanc.**
- 3 : Remoulage bis.**



Figure 12: Les matières premières.

III.3 Méthodes d'analyses

III.3.1 Les analyses physico-chimiques

III.3.1.1 Teneur en eau (Dessiccation) (NF- V 03-050, 1970)

- **Principe :**

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

- **Mode opératoire :**

- Sécher les capsules vides à l'étuve durant 15 min à 103°C.
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur.
- Peser dans chaque capsule 10 g d'échantillon préalablement broyé et les placer dans l'étuve réglée à 103°C pendant 2 h.
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement les peser.

- **Expression des résultats :**

$$H\% = \frac{(M1 - M2)}{P} \times 100$$

Soit :

H % : Humidité.

M 1 : Masse de la capsule + matière fraîche avant séchage en g.

M 2 : Masse de l'ensemble après séchage en g.

P : Masse de la prise d'essai en g.

III.3.1.2 Le taux de cendre (Calcination)(NF V 05-113, 1972)

- **Principe :**

La farine est calcinée à 550°C dans un four à moufle jusqu'à obtention d'une cendre Blanchâtre de poids constant.

- **Mode opératoire :**

a-Préparation de la nacelle :

- Nettoyer la nacelle en acide HCL.
- Rincer avec l'eau de robinet.

- Rincer avec l'eau distillée.
- Mettre dans le four à moufle à 550°C.
- Refroidie dans un dessiccateur.

b-Détermination de taux de cendre :

- Mesurer le poids de chaque nacelle vide.
- Mesurer avec une balance 5 gramme d'échantillon.
- Mesurer le poids total de la nacelle avec l'échantillon.
- Ajouter quelque goutte d'alcool sur la nacelle et l'enflammer.
- Placer la capsule dans un four à moufle réglé à 550°C pendant 4 heures jusqu'à l'obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre.
- Retirer la capsule du four et la mettre à refroidir dans le dessiccateur, puis la peser.
- **Expression des résultats :**

$$Cd = \frac{(M2 - M1) \times 100}{p}$$

Soit :

Cd : Taux de cendre.

M1 : La masse de la nacelle vide.

M2 : La masse de l'échantillon après le four à moufle.

P : La masse de l'échantillon.

III.3.1.3 Dosage de protéine (Kjeldhal) (NF- V 03-050, 1970)

- **principe :**

Le principe de la méthode est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur.

Le sulfate d'ammonium obtenu est distillé sous forme d'ammoniac et dosé après déplacement, en milieu alcalin.

- **Mode opératoire :**

Minéralisation

Pour cela introduire dans une fiole :

- 2 ml d'échantillon exactement mesuré.
- 15 à 20 ml d'acide sulfurique concentré.
- 6 g de sulfate de potassium.
- 1 g de sulfate de cuivre.
- Quelques grains de pierre ponce.

On porte à ébullition. Puis, à partir de l'éclaircissement de la solution, on prolonge l'ébullition pendant trois heures.

On laisse refroidir et on complète à 100 ml avec de l'eau distillée.

- **Distillation**

On réalise un montage de distillation :

Dans le ballon, on introduit :

- 10ml du contenu de la fiole.
- 50ml d'eau distillée.
- 50ml d'hydroxyde de sodium à 40 %.

On plonge le bout du réfrigérant dans un bécher contenant 30 ml d'acide borique 4 % et 2-3 gouttes de rouge de méthyle.

On chauffe modérément le ballon.

- **Titration :**

On dose l'ammoniac, par une solution titrée d'HCL à 0,1 N. Le dosage est terminé dès que la coloration reste stable pendant environ 5 min.

- **Expression des résultats :**

- La teneur en azote total est déterminée selon la formule suivante :

$$N\% = \frac{(V1 \times N1 \times F1 \times PM1)}{PE \times 10}$$

$$P\% = N\% \times \text{FACTEUR DE CONVERSION} \times F2$$

Soit :

N% : La teneur en azote.

V1 : Volume d'HCl à l'équivalence de l'échantillon-volume d'HCl à l'équivalence du témoin.

N1 : Normalité du HCl-0.1N.

F1 : Facteur d'acide = 1.

PM1 : Poids moléculaire de l'azote = 14.007.

PE : Poids de l'échantillon.

P% : Dosage de protéine.

F2 : Facteur de dilution =10.

Facteur de conservation : 6,25.

III.3.1.4 Acidité grasse. (JO n°35-7.7.2013)

- **Principe :**

Mise en solution des acides dans l'éthanol à 95% à la température du laboratoire, Centrifugation et titrage d'une partie aliquote de la solution surnageant par l'hydroxyde de sodium

- **Mode opératoire :**

- **Prise à essai :** Pesée 5g de l'échantillon pour essai, après avoir bien homogénéisé.
- **Détermination :**

1.1.Extraction

- Introduire la prise d'essai dans le tube de centrifugeuse.
- Ajouter à la pipette 30 ml d'éthanol et fermer le tube hermétiquement.
- Agiter pendant une heure à l'aide de l'agitateur rotatif mécanique en opérant à une température de (5°C à 20°C), centrifugé ensuite a deux reprises et successivement pendant 2 minute.
- Ces deux centrifugations sont plus efficaces qu'une seule de plus longue durée car elles permettent d'éliminer les particules restant en suspension.

1.2.Titrage

- Prélever à la pipette 20 ml de liquide surnageant parfaitement limpide et les verser dans une fiole conique.
- Ajouter 5 gouttes de phénol phtaléine.
- Titrer à l'aide de micro burette avec la solution hydroxyde de sodium 0,05 N, jusqu'au virage au rose pale persistant quelques secondes.

- **Essai à blanc :**

- Titrer l'acidité apportée par l'alcool (en opérant sur 20 ml d'éthanol suivants les conditions.

- **Expression des résultats :**

1. Acidité exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100 g de matière telle quelle :

$$A\% = \frac{7.35 \times (V1 - V0) \times T}{M}$$

2. Acidité exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100 g de matière sèche :

$$A\% = \frac{7.35 \times (V1 - V0) \times T}{M - H}$$

Où :

V1 : est le volume, en millimètres, de la solution hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination.

V0 : est le volume, en millimètres, de la solution hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai blanc.

M : est la masse, en gramme, de la prise d'essai.

T : est le titre exact de la solution hydroxyde de sodium utilisée.

H : est la teneur en eau, en pourcentage en masse, de l'échantillon pour l'essai.

III.4 Les analyses microbiologiques

III.4.1 Préparation des dilutions en vue de l'analyse microbiologique

- **Principe :**

La préparation de la dilution primaire (solution mère) ; est nécessaire pour les dilutions décimales suivantes en vue de réduire le nombre de microorganismes par unité de volume ; pour faciliter l'analyse microbiologique.

- **Préparation de la solution mère**

1. Peser 25g de l'échantillon à analyser.
2. Ajouter 250 ml de déliant tryptone sel eau (TSE).
3. Homogénéiser la solution mère.
4. La concentration de la solution mère est toujours à 10^{-1} .

- **Préparation des dilutions décimales**

1. Prendre 1ml de la solution mère et on met dans un nouveau tube contenant 9 ml de diluant (TSE) stérile.
2. mélanger soigneusement ; pour obtenir la dilution 10^{-2}
3. Répéter ces opérations pour obtenir des dilutions a recherché.

III.4.2 Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) (NF 08-051 ; Norme Jour /Alg/1991)

- **Principe**

Le dénombrement des GAMT se fait sur une gélose nutritive PCA.

- **Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales de 10^{-1} à 10^{-3} portes aseptiquement 1ml dans une boite de pétri vide préparé a cet usage.
- Compléter ensuite avec environ 15ml de gélose fondue puis refroidir à $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- faire des mouvements circulaires de va et vient en forme de « 8 » pour augmenter la surface de contact entre se mélange et la gélose utiliser ; après on laisse à solidifie.

- Les boites seront incubées à 37°C pendant 72 heures.

III.4.3 Dénombrement des coliformes fécaux (Escherichia Coli). (N FV08-017 ; Norme Jour /Alg/1991)

- **Principe**

Les coliformes sont des bacilles à gram négatif, aérobie ou anaérobie facultatif, non sporulés, capable de se multiplier en présence de sel biliaire et capable de fermenter le lactose, avec production d'acide et de gaz en 48 heures et à 35 à 37°C. Les coliformes fécaux ont les mêmes caractères des coliformes totaux mais ils sont capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 44°C.

Leur recherche est effectuée sur des milieux riches en lactose avec les sels biliaires comme un agent sélectif.

- **Mode opératoire**

- Porter aseptiquement 1 ml dans une boite de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.
- Compléter ensuite la boite avec environ 20 ml de la gélose VRBL, fondu puis refroidie à 45 ±1°C.
- Faire ensuite des mouvements circulaires de va et vient en forme de « 8 », bien mélanger la gélose à l'inoculum, laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5ml de la même gélose.

- **Incubation**

La boite sera incubée à 44°C pendant 24 à 48 heures.

- **Lecture**

Les colonies des coliformes fécaux apparaissent en masse se forme de petites colonies de couleur rouge foncé et de 0,5mm de diamètre.

III.4.4 Recherche et dénombrement des levures et moisissures (Norme XPV08-059)

- **Principe**

Les moisissures sont des hétérotrophes, aérobies, acidophiles (PH de développement comprise entre 3et 7) et mésophiles (Température de croissance de 20 à 30°C).

Les levures sont typiquement unicellulaires de forme ronde ou ovoïde et se multiplient par bourgeonnement. Le dénombrement est effectué en milieux sélectif doté de propriétés antibactériennes (milieu OGA).

- **Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales, 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose OGA ; étaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incubé à 22°C pendant 5 jours.

Lecture

Les colonies des levures sont brillantes, rondes et bordées, de couleurs différentes, de formes convexes ou plates et souvent opaques

Les colonies de moisissures sont épaisses, filamenteuses, pigmenté ou non, et sont plus grandes que celles des levures.

III.4.5 Recherche et dénombrement des staphylococcus aureus (NF ISO06888)

- **Principe**

La forte concentration en chlorure de sodium inhibe la croissance de la plupart des bactéries autre que les staphylocoques.

- **Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales de 10^{-1} , à 10^{-3} porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose Chapman.
- Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- Staphylococcus aureus se présente alors sous forme de colonies de taille moyenne ; lisse ; brillante ; en jaune et pour vues d'une catalase et d'une coagulase.

III.4.6 Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteur (NFV08-061 ; Jour/Alg/1998)

- **Principe**

Les clostridium sulfito réducteurs sont des bacilles à gram positif, anaérobies strictes, mobiles par ciliature péritriche mais parfois immobiles et capsulés ; possèdent des spores résistantes ou moins 10 min à 80°C , ils sont capables de réduire les sulfites en sulfure par la sulfito-réductase présente dans le milieu de culture viande foie (VF).

Ceci se combine avec un sel de fer pour donner du sulfure de fer avec dégagement de H_2 , les colonies noires entourées d'un halo sont les caractéristiques des clostridium sulfito réducteurs.

- **Mode opératoire**

Les tubes contenant des dilutions 10^{-2} à 10^{-1} , seront soumis :

- D'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes.
- Puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet ; dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporuler.
- A partir de ces dilutions ; porter aseptiquement 1ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stérile de 16 mm de diamètre ; puis ajouter 15ml de gélose viande foie prête à l'emploi ; dans chaque tube laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.
- Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 16 à 24 heures ou au plus tard 48 heures.
- La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures car :
D'une part les colonies de clostridium sulfito-réducteurs sont envahissantes. Si on trouve que notre tube est complètement noir ce qui rend l'interprétation difficile voire impossible ; alors l'analyse est à refaire.
D'autre part ; il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieure à 0,5 mm.

Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique ; réincuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voire 48 heures.

III.4.7 Recherche de Salmonella (NF 086-052)

- **Principe**

Les techniques consistent en :

- Un pré enrichissement est réalisé à fin de permettre le développement des salmonelles et d'inhiber le développement des bactéries à Gram positif.

- **Mode opératoire**

Pré enrichissement

En prélever 25ml de l'échantillon et l'introduire aseptiquement dans 225 ml de TSE, puis incubés à 37°C pendant 24 heures.

2. Enrichissement

On effectue les premiers enrichissements sur le milieu SFB.

- 1ml de bouillon pré enrichi dans 10ml de SFB à qui on ajoute quelques gouttes de l'additif de cystéine.

- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures. Si on observe un virage de la couleur de rouge brique donc c'est une réaction positive.

III.5 Formulation des céréales petit déjeuner :

Le produit témoin est les céréales petit déjeuner de type "CHOCO BALL" fabriqué par l'unité AGRO DES ALPES.

Les essais de fabrication des céréales petit déjeuner visent la substitution des sons par les remoulages bis à des concentrations différentes : 20%, 30%

III.5.1 Ingrédients produit témoin :

- Céréales 58% (farine de blé, semoule de maïs, semoule de riz).
- **Son de blé.**
- Sucre.
- Graisses végétales.
- Poudre de lait.
- Poudre de cacao.
- Eau.
- Sirop de glucose.
- Extrait de malt.
- Poudre de lactosérum.
- Arômes (vanille, chocolat).
- Sel.
- Émulsifiant : lécithine **E322**.

III.5.2 Ingrédients nouvelle recette :

- Céréales 58% (farine de blé, semoule de maïs, semoule de riz).
- **Remoulage bis. (20% et 30%)**
- Sucre.
- Graisses végétales.
- Poudre de lait.
- Poudre de cacao.
- Eau.
- Sirop de glucose.
- Extrait de malt.
- Poudre de lactosérum.

- Arômes (vanille, chocolat).
- Sel.
- Émulsifiant : lécithine E322.

III.5.3 Les étapes de fabrication des céréales petit déjeuner

La fabrication de la nouvelle recette des céréales petit déjeuner est réalisée industriellement en appliquant les mêmes opérations de fabrication que celles du produit témoin, selon le diagramme représenté dans la **figure n°8**. Les essais de fabrication sont réalisés sur la ligne "DELICIANO".

- Les étapes de fabrication des céréales petit déjeuner sont représentées par la figure n°8.

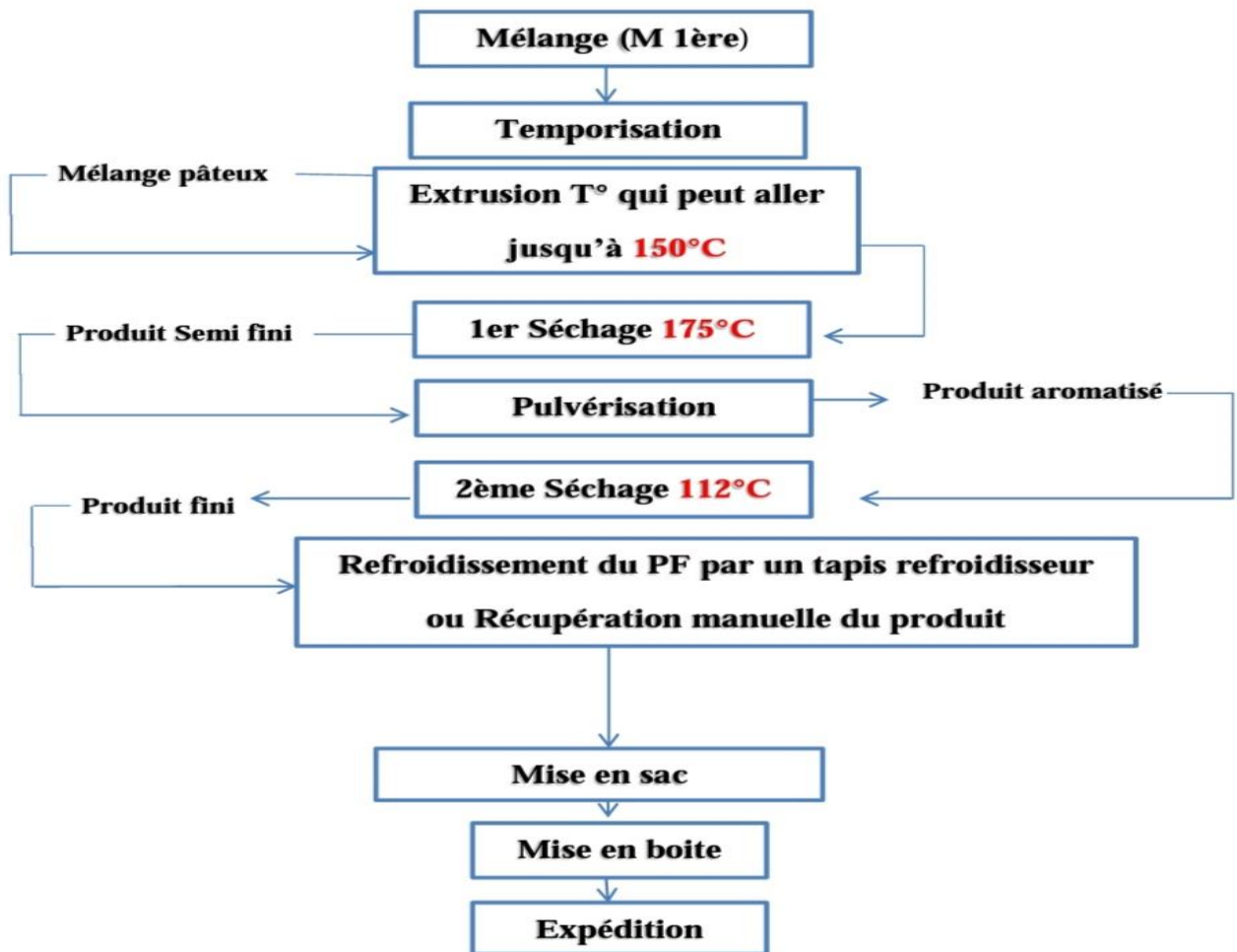


Figure 13: Diagramme de production des céréales petit déjeuner.

III.6 Méthodes d'Analyses des céréales petit déjeuner

III.6.1 Echantillonnage

Les prélèvements des céréales petit déjeuner sont effectués à la sortie de la chaîne de fabrication, pour chaque essai on retire 04 paquets.

- Un paquet est destiné aux analyses physico-chimiques.
- Un paquet est destiné aux analyses microbiologiques.
- Deux paquets sont destinés aux analyses organoleptiques.

III.6.2 Analyses physico-chimiques des céréales petit déjeuner

Pour préparer les échantillons aux analyses, nous avons broyé les céréales petit déjeuner à l'aide de broyeurs manuels.

Pour le produit fini on a déterminé :

- Teneur en eau (Dessiccation) (NF- V 03-050, 1970)
- Taux de cendre (Calcination) (NF V 05-113, 1972)
- Acidité grasse. (JO n°35-7.7.2013)

III.6.3 Analyses microbiologiques des céréales petit déjeuner

- Germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) (NF 08-051 ; Norme Jour /Alg/1991).
- Goliformes fécaux (Escherichia Coli). (N FV08-017 ; Norme Jour /Alg /1991).
- Levures et moisissures (Norme XPV08-059).
- Des staphylococcus aureus (NF ISO06888).
- Clostridium sulfito-réducteur (NFV08-061 ; Jour/Alg/1998).
- Salmonella (NF 086-052).

III.6.4 Analyses organoleptiques

- L'analyse sensorielle des céréales petit déjeuner est faite par 36 personnes, leur moyenne d'âge est de (12-40) ans, ont dégustés tous nos produits, avec une fiche de dégustation comportant les qualités identifiables suivantes : la forme, état de surface, texture, la couleur, odeur, le goût.
- L'analyse sensorielle de la qualité des céréales petit déjeuner préparés a été effectuée au niveau de l'université BLIDA 1.

Les tests ont concerné les paramètres suivants :

- Forme.
- Etat de surface.
- Texture.
- Couleur.
- Odeur.
- Gout.

Résultats et interprétations

III.7 Résultats d'analyses physico-chimiques des matières premières et produit finis :

- Les résultats d'analyses physico -chimiques des matières premières sont montrés dans le tableau 8.

Tableau 8: Résultats d'analyses physico-chimiques de la farine et le remoulage bis et le remoulage blanc.

| Paramètre physico-chimique% | La farine panifiable | Remoulage bis | Remoulage blanc |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|
| Teneur en eau | 13.77 | 12.29 | 11.32 |
| Teneur en cendres | 0.52 | 4.23 | 2.73 |
| Acidité grasse | 0.03 | 0.14 | 0.12 |
| Protéines | 8.49 | 13.64 | 13.08 |

DISCUSSION :

La teneur en eau est un paramètre important dans le stockage de farines, qui doit être $\leq 15.5\%$ pour que la farine se conserve convenablement. En effet, une teneur en eau des farines supérieure à 15.5% favorise le développement des microorganismes.

Dans notre étude, La teneur en eau des échantillons varie de 11.32% à 13.77% , la teneur la plus élevée est observée chez la farine panifiable de l'ordre de 13.77% .

Alors que le remoulage blanc enregistre la teneur la plus faible de l'ordre de 11.32% , par rapport au remoulage bis qui est de 12.29% . Les résultats obtenus sont conformes aux normes.

La teneur en cendres d'une farine constitue l'une des caractéristiques de la pureté et peut aider à déterminer le taux d'extraction d'une farine. Plus le taux d'extraction est faible, plus la teneur en cendres est faible. Les normes exigent pour la farine un taux (entre 0.56 et 0.67%), et pour les remoulages un taux (≤ 5).

Dans notre étude, la teneur en cendre varie de 0,52% à 4,23%, la teneur en cendre la plus élevée est observée chez le remoulage bis de l'ordre de 4.23%. Alors que la farine panifiable enregistre la teneur la plus faible de l'ordre de 0.52%, par rapport au remoulage blanc qui est de 2,77%. Cela veut dire que les résultats obtenus sont conformes aux normes.

On désigne par acidité grasse, l'expression conventionnelle utilisée pour désigner la quantité d'acide gras, et notamment les acides gras non estérifiés extraits. C'est un bon indicateur de l'état de conservation des farines (tolérance 0.015% et 0.045%).

Dans notre étude, l'acidité grasse varie de 0,03% à 0,14%, la valeur la plus faible est observée chez la farine panifiable de l'ordre de 0.03%, alors que le remoulage bis enregistre la valeur la plus élevée qui est de l'ordre de 0.14%, par rapport au remoulage blanc qui est de 0.12%.

Donc les analyses des échantillons sur l'acidité grasse donne des résultats acceptables.

La connaissance de la teneur en protéines donne une bonne information sur la capacité technologique de la farine. C'est un paramètre important sur le plan nutritionnel.

Dans notre étude, la teneur en protéines varie de 8.49% de 13.64%, la teneur la plus élevée est observée chez le remoulage bis de l'ordre de 13.64%, alors que la farine panifiable enregistre la teneur la plus faible de l'ordre de 8.49%, par rapport au remoulage blanc qui est de 13.08%.

- Les résultats d'analyses physico chimiques des produits finis sont montrés dans le tableau 9.

Tableau 9: Résultats d'analyses physico-chimiques des céréales pour petit déjeuner (avec la farine panifiable, le remoulage bis).

| Paramètres% | Céréale petit déjeuner TEMOIN | Céréale petit déjeuner |
|-------------------------|--|-------------------------------|
| Teneur en eau | 7.53 | 4.55 |
| Teneur en cendre | 1.19 | 1.57 |
| Acidité grasse | 0.03 | 0.07 |

DISCUSSION :

La teneur en eau de produit fini qui est "les céréales petit déjeuner ", est un paramètre important qui doit être $\leq 6\%$.

Nous relevons la teneur en eau de céréales petit déjeuner témoin est supérieure à celle de la norme donnée, qui est de l'ordre de 7.53%.

Par contre, la teneur en eau de céréales petit déjeuner qui est à base de remoulage bis est conforme à la norme, qui est de 4.55%.

La teneur en cendres (1.19%) de céréale petit déjeuner témoin est légèrement plus faible à celle de céréale petit déjeuner à base de remoulage bis qui est de 1.57%.

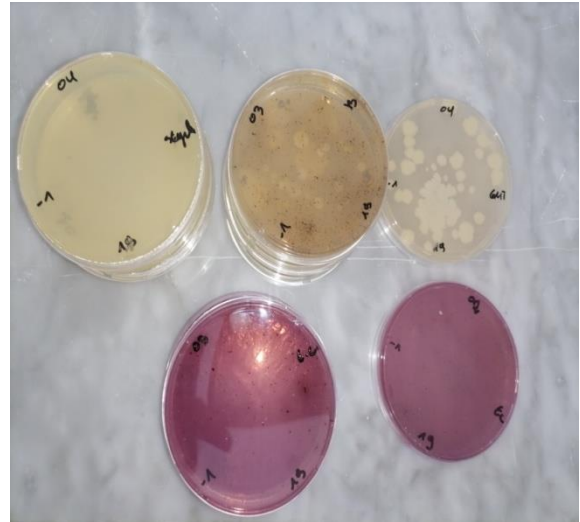
Les céréales petit déjeuner témoin présentent une plus faible acidité qui est de 0.03%, par rapport à celle de céréale petit déjeuner à bas de remoulage bis, qui est de 0.07%.

III.8 Les résultats d'analyses microbiologiques des matières premières et produit fini :

- Les résultats d'analyses microbiologiques des matières premières sont montrés dans le tableau10.

Tableau 10: Résultats d'analyses microbiologiques de la farine, remoulage bis, remoulage blanc

| Germes recherchés | Résultats (UFC/g) La farine panifiable | Résultats (UFC/g) Remoulage bis | Résultats (UFC/g) Remoulage blanc | Les critères (UFC/g) | |
|------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | |
| Bacillus | 1 colonie beige | 1 colonie beige | 6 colonies beiges | 10³ | 10⁴ |
| Escherichia coli | Absence de colonies roses | Absence de colonies roses | Absence de colonies roses | 10 | 10² |
| Anaérobie Clostridium | 7 colonies noires | 1 colonie noire | 8 Colonies noires | 10² | 10³ |
| Staphylococcus aureus | Absence de colonies noires | 14 colonies noires avec des anneaux | Absence de colonie noire | 10² | 10³ |
| Levure et Moisissure | 30 colonies noires | 10 colonies noires | 5 colonies noires | 10³ | 10⁴ |



DISCUSSION :

En générale, les résultats d'analyses microbiologiques indiquent que les matières premières ont de qualité microbiologique satisfaisante selon les normes de journal officiel de la république algérienne. Cela serait dû au respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication.

- Les résultats d'analyses microbiologiques des produits finis sont montrés dans le tableau 11.

Tableau 11: Les résultats d'analyses microbiologiques des céréales petit déjeuner.

| Germes recherchés | (UFC/g) Céréales petits déjeuner TEMOIN | (UFC/g) Céréales petit déjeuner | Les critères (UFC/g) | |
|---------------------------------------|---|---|-------------------------|-----------------|
| | | | | |
| Germe aérobie (GMT) à 30°C | 90 de colonies beiges | 30 de colonies beiges | 10 ³ | 10 ⁴ |
| Escherichia coli | Absence de colonies beiges | Absence de colonies beiges | 3 | 30 |
| Levure et moisissure | Absence de colonies noirs/vers | 10 colonies noirs/vers | 10 ² | 10 ³ |
| Staphylococcus aureus | Absence de colonies noires avec des anneaux | Absence de colonies noires avec des anneaux | 10 ² | 10 ³ |
| Salmonella | Absence de colonies noires | Absence de colonies noires | Absence dans 25g | |

DISCUSSION :

Les germes aérobies sont l'ordre de 90 UFC/g pour le produit témoin et de l'ordre de 30 UFC/g pour le produit à base de remoulage bis. Ces résultats sont conformes aux normes.

On remarque, la présence des levures et moisissures dans le produit fini à base de remoulage bis, qui est de l'ordre de 10 UFC/g.

On remarque, en outre, une absence totale des germes pathogènes : Escherichia-coli, Staphylococcus Aureus, Salmonella. Cela est dû aux bonnes pratiques d'hygiène (matériels utilisés, des locaux et du personnel). On note également l'efficacité de traitement thermique, qui élimine les formes sporulées.

III.9 Résultats des testes organoleptique des produits finis :

La qualité organoleptique joue un role très important dans la valeur commerciale des céréales petit déjeuner.



Figure 14: Céréale petit déjeuner à base de 20% remoulage bis.



Figure 15: Produit témoin.



Figure 16: Céréale petit déjeuner à base de 30% remoulage bis.

La forme des céréales petit déjeuner :

Les résultats de la forme des céréales petit déjeuner sont présentés sur la figure 12.

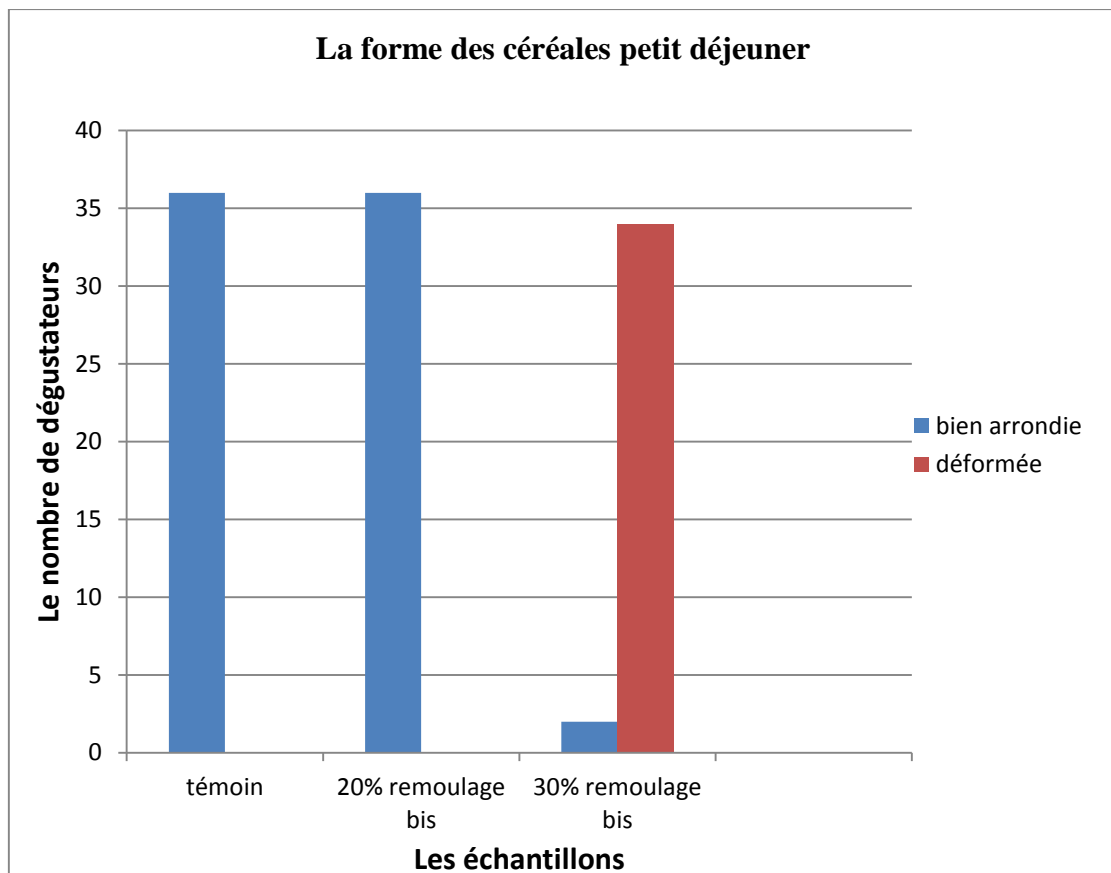


Figure 17: Résultats de l'évaluation de la forme des céréales petit déjeuner.

Les résultats obtenus montrent que la forme est acceptable et appréciée par les dégustateurs, généralement avec un avis élevé dans le cas de témoin et le 20 % remoulage (36 personnes). Par contre la forme des CPD 30 % remoulage est jugée déformée par la majorité

État de surface :

Les résultats de l'état de surface des céréales petit déjeuner sont présentés sur la figure 13.

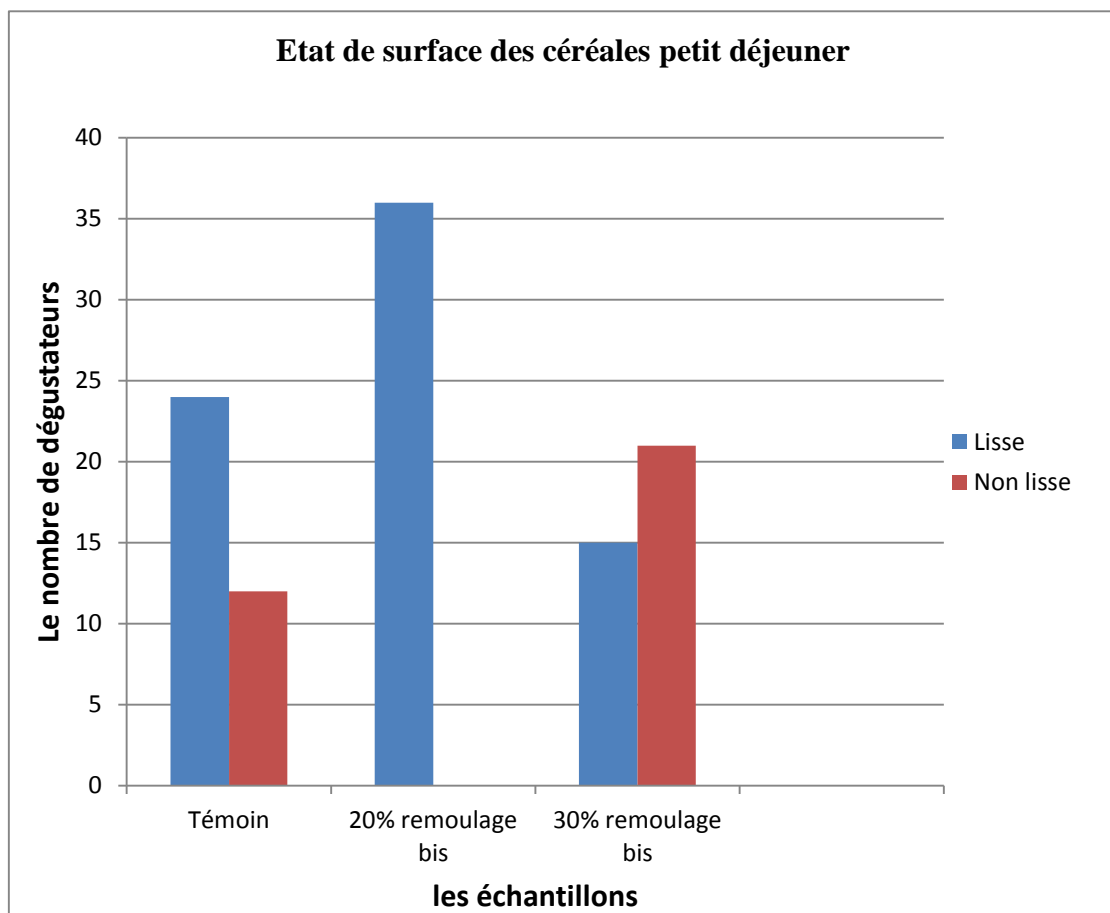


Figure 18: Résultats de l'évaluation de l'état de surface des céréales petit déjeuner.

D'après les résultats obtenus nous remarquons que tous les produits ont un état de surface « lisse » avec un avis élevé de 15 à 36 personnes. Par contre 30 % remoulage présente un avis le plus élevé pour la surface non lisse de l'ordre de 21 personnes.

La texture des céréales petit déjeuner :

Les résultats de la texture des céréales petit déjeuner sont présentés sur la figure 14.

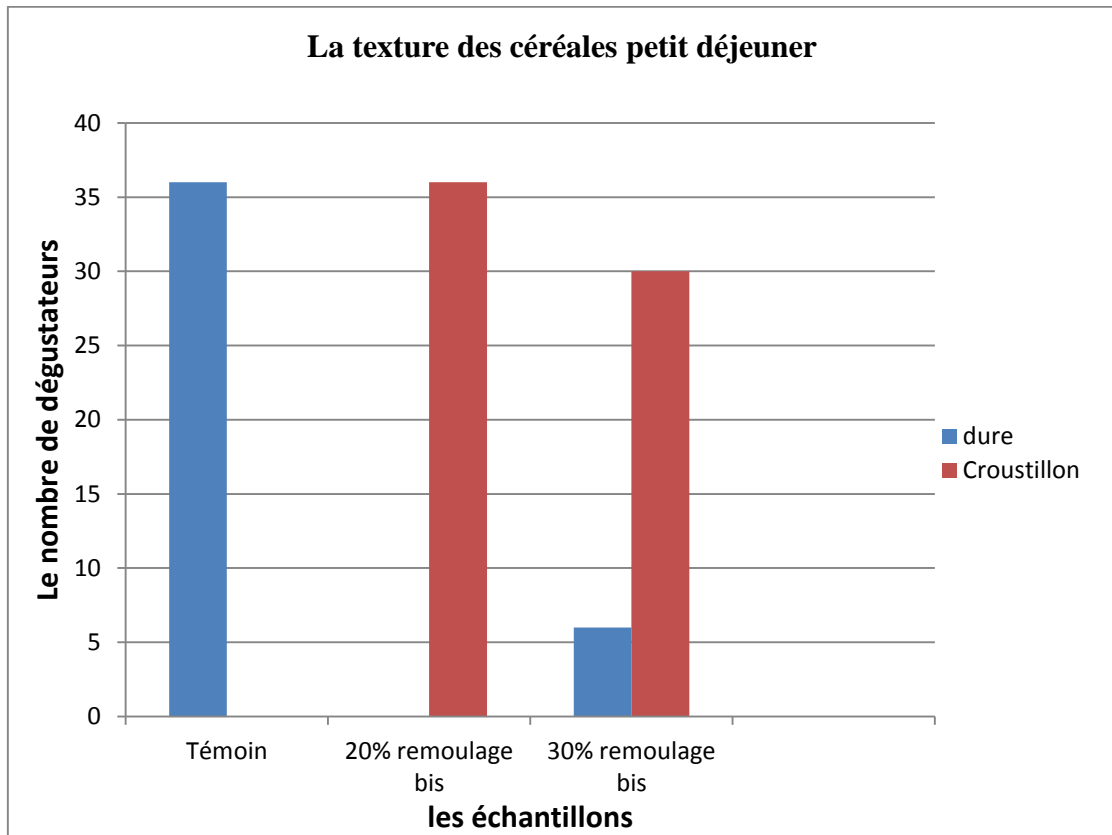


Figure 19: Résultats de l'évaluation de la texture des céréales petit déjeuner.

Les résultats montrent que les échantillons de 20 % et 30 % remoulage sont jugés « Croustillons » et nous remarquons que le témoin présente une texture dure.

Couleur des céréales petit déjeuner :

Les résultats de la couleur des céréales petit déjeuner sont présentés sur la figure 15.

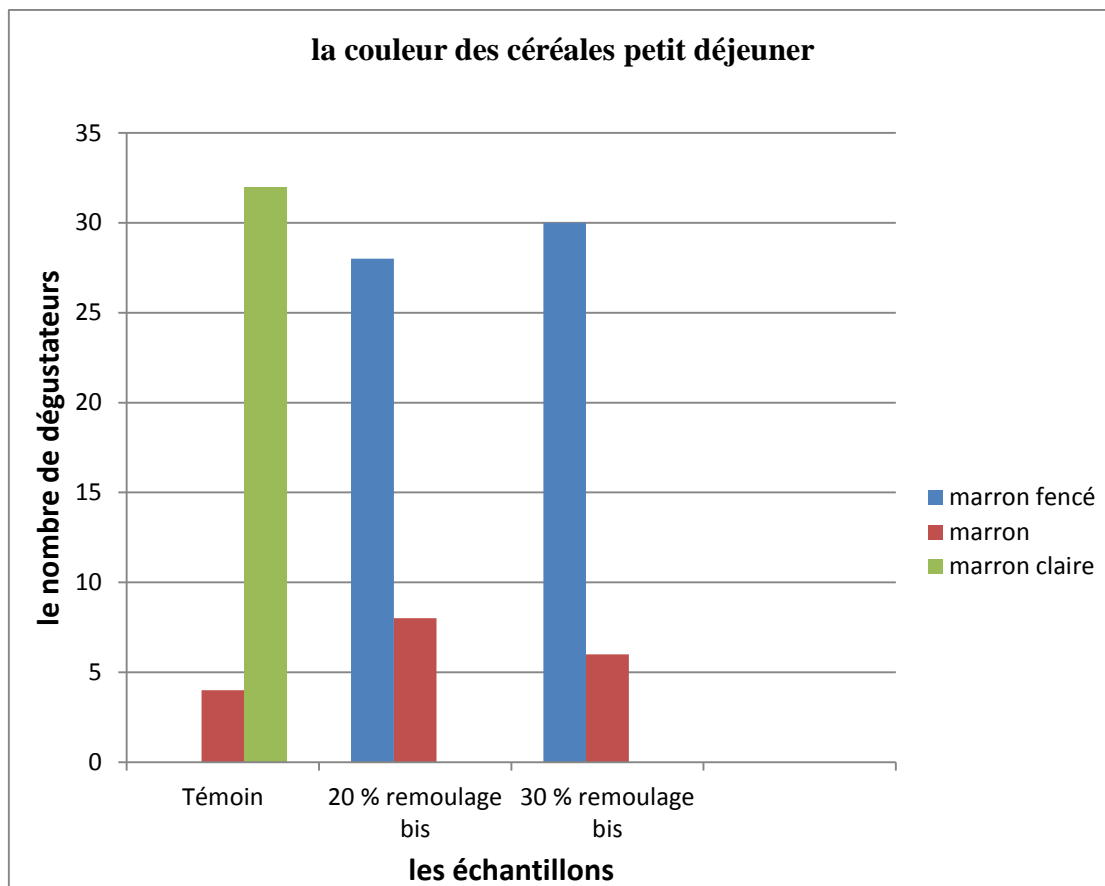


Figure 20: Résultats de l'évaluation de la couleur des céréales petit déjeuner.

La couleur est le premier paramètre observé par le dégustateur, pour apprécier la qualité du produit.

A partir des résultats obtenus, nous remarquons que le critère « couleur » du témoin été jugée « Marron claire » par l'ensemble des dégustateurs avec un avis de 32 personnes. Cela est dû au pourcentage élevé de la farine panifiable.

Par contre, si on compare par rapport au 20 % et 30% remoulage, qui sont « marron foncé » avec un avis de 28 à 30 personnes, cela est dû au pourcentage élevé de remoulage bis. Donc la couleur varie en fonction des ingrédients.

Odeur des céréales petit déjeuner :

Les résultats de l'odeur des céréales petit déjeuner sont présentés sur la figure16.

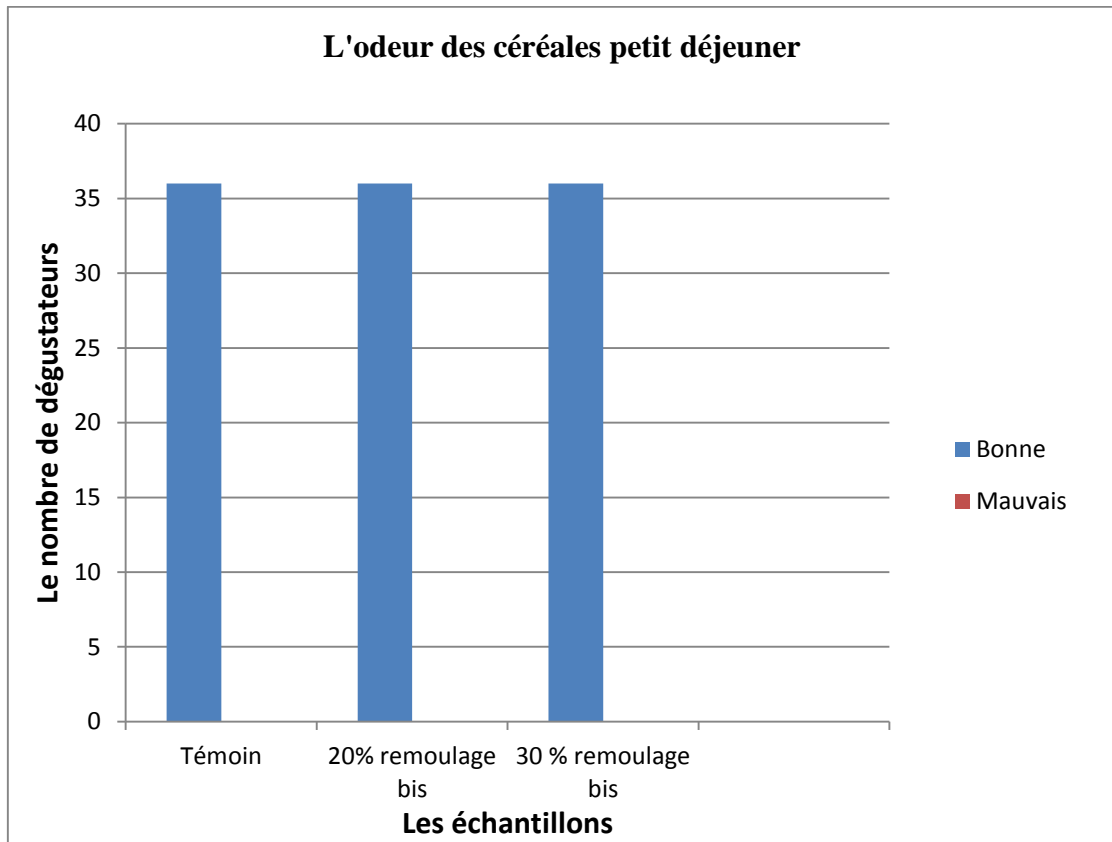


Figure 21: Appréciation de l'odeur des céréales petit déjeuner obtenus.

Les résultats obtenus désignent que l'odeur est agréable, été jugé « Bonne » par l'ensemble des dégustateurs avec un avis plus élevés pour tous les échantillons.

Le goût des céréales petit déjeuner :

Les résultats du goût des céréales petit déjeuner sont présentés sur la figure 17.

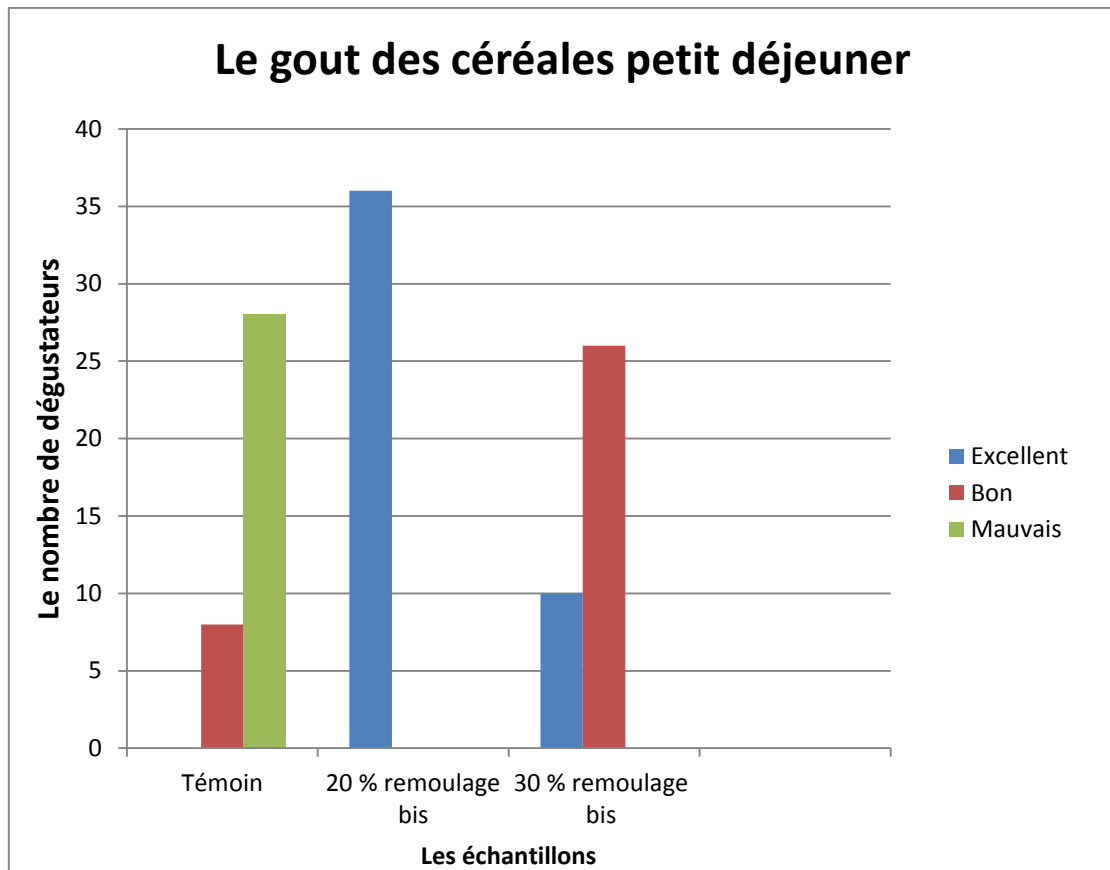


Figure 22: Appréciation du goût des céréales petit déjeuner obtenus.

A partir des résultats obtenus, on remarque que le goût du témoin a été jugées « Mauvais » par l'ensemble des dégustateurs avec 28 personnes. par contre le 20 % remoulage présente un avis le plus élevé de goût excellent qui est de l'ordre de 36 personnes.

- Le traitement des résultats de l'analyse sensoriels indique que les céréales fabriquées à base de 20% de remoulage bis e de qualité supérieure permettant d'avoir des produits de qualité organoleptique élevée.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Grace aux résultats d'analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels très satisfaisant pour la recette 20% de remoulage nous pouvons conclure que les remoulages issus de l'industrie céréalière ne peuvent plus être considérés comme un simple sous produits mais une nouvelle matière alimentaire susceptible de donner naissance à de nombreux produits utilisables dans le secteur alimentaire.

Les résultats d'analyses physico-chimiques de remoulage bis montrent qu'il est plus riche en cendre (4.23 %) et en protéines (13.64%) par rapport à la farine de ble tendre.

L'étude microbiologique de produit fini indique que nos céréales petit déjeuner (20%) sont conformes aux normes.

En se basant sur le teste dégustation, le produit fini de 20 % a montré des caractéristiques très appréciable. Ce dernier se caractérise par un très bon goût, une forme bien arrondie, une odeur agréable, et une couleur acceptable.

En perspectives de cette étude, il serait souhaitable :

- réalisée une recette à base de 100 % remoulage bis.
- Remplacer la totalité de son de blé utilisé dans la fabrication des céréales petit déjeuner par le remoulage bis.
- Faire une étude économique sur le coût de ces produits élaborés par l'incorporation de remoulage bis.
- L'industrialisation des céréales petit déjeuner à base de remoulage bis.

Ces résultats restent préliminaires méritent d'être suivis par d'autre travaux portant sur la caractérisation de remoulage bis afin de créer une formule qui répond aux exigences des consommateurs et qui intéresse économiquement l'entreprise productrice.

Référence Bibliographique :

ABDANI, I et BAKHTI, A (2017). Composition biochimique et nutritionnelle de différentes variétés de blé commercialisé en Algérie. Mémoire, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.

Argoub, I (2015). Utilisation des coproduits des industries agroalimentaires comme sources alimentaires alternatives en alimentation des lapins. Mémoire. Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.86p.

Benhania, Z (2013). Etude de la fabrication de la farine et contrôle de qualité. Mémoire. Kasdi Merbah OUARGLA, Ouargla.82 p.

Benseddik, S. (2016). Évaluation de la qualité technologique et physico-chimique des farines produites par les différentes minoteries de la wilaya de Tlemcen. Mémoire, université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen. 65 p.

BENLEMMANE, S. (2012). Formulations de pains composites à base de mélange de farines de différentes céréales. Mémoire, université Saad dahleb Blida. 128p.

Boudouma, D (2009). Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. Mémoire, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger.

Boukarboua, A et Boulkroun, M (2016). Appréciation de la qualité technologique des farines commerciales par des tests indirects. Mémoire, université Université des Frères Mentouri, Constantine. 39p.

Camille, R, Alexandra, P. (2018). Les céréales du petit déjeuner. Rapport de recherche, université, 11p.

Delphine, L, Anthony, F, Christian, R. (2007). "Quels types de produits céréaliers pour le petit déjeuner ». Cahiers de nutrition et de diététique.42, 6,309-319.

El HadeF El Okki, L. (2015). Valeurs d'appréciation de la qualité Technologique et biochimique des nouvelles obtentions variétales de blé dur en Algérie. Mémoire, Université Ferhat Abbas, Sétif 1. 76 p.

Karima, k. (2012). Cahier de nutrition et de diététique. Elsevier masson, 58p, France.

Luc, S. (2012). Nutrition et diététique. Elsevier masson, 15 p, France.

Mahi, k. (2020). Appréciation de la qualité technologique des farines issues du Blé tendre local. Mémoire, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 45 p.

Mahideb, N et Merrouche, H. (2015). Etude des moisissures potentiellement productrices de mycotoxines isolées à partir des grains de blé dur (traités et non traités). Mémoire, université des Frères Mentouri, Constantine. 68p.

Makhloufi, L et Boumaza, D (2018). Essais d'incorporation de la farine de caroube (*Ceratonia siliqua* L) dans les Cookies en substitution partielle de la farine de blé. Mémoire, BOUIRA. (Français) .61P.

Messid, N. et Radja, H. (2016). Essai de panification avec un améliorant Biologique « Farine de malt ». Mémoire, Université M'hamed Bougara, Boumerdes.78 p.

Nabi, A. et Hadjab, B. (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. Mémoire, Université Mohamed Boudiaf, M'SILA. 48 p

Pierre, C., Raffaellan, G., Marion, H., Louis G, S., Marine Spiteri., et al.(2010).

Complément d'étude du secteur des céréales pour le petit-déjeuner. HAL open science,21p, france.

Yvon, B.(2009).Mouture du blé tendre et techniques d'obtention de la farine.l'ENSMIC,175-23p,france.

Annexes

Annexes 1

Présentation de l'unité "agro des alpes" :

L'entreprise « Agro des alpes » est une entreprise spécialisée dans la transformation des céréales, elle a plusieurs filiales, la plus connue est "delliciano" qui est spécialisée dans la production de céréales petit déjeuner.

Elle est située dans la zone industrielle d'Oued Semar dans la wilaya d'Alger. Et elle est entrée officiellement en production en janvier 2017.

Dotée d'une technologie de pointe, elle met à la disposition du consommateur des produits sûrs et d'excellente qualité.

Annexe 2

Matériels et méthodes utilisées

Matériels utilisés :



Dessiccateur



Le four à moufle.



Humidimètre.



Etuve.



Centrifugeuse.



Balance.



Titration colorimétrique.

Annexe 3

Dénomination des machines composant le process



Mélangeur de la pâte.



Cuve tampon de la pate.



Extrudeuse.



Tambour sécheur N°1.



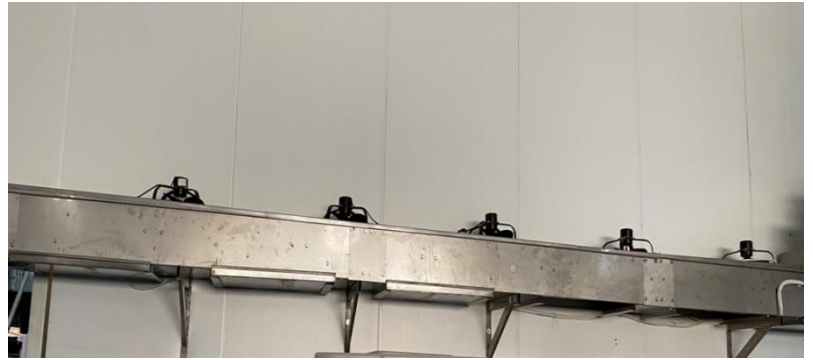
Tambour pulvérisation.



Tapis convoyeur.



Tambour sécheur N°2.



Chaine de tapis convoyeurs refroidisseurs.



Bac de tamisage.



Godets éleveurs.



Multi-tête.

Annexe 4

FICHE DE DEGUSTATION

Nom et prénom :

Sexe : Féminin Masculin

Fonction :

| Echantillons | | Témoin | 1er essai | 2 ème essai |
|------------------------|---------------|--------|-----------|-------------|
| Caractéristiques | | | | |
| Forme | Bien arrondie | 36 | 36 | 2 |
| | Déformée | 0 | 0 | 34 |
| Etat de surface | Lisse | 24 | 36 | 15 |
| | Non lisse | 12 | 0 | 21 |
| Texture | Dure | 36 | 0 | 6 |
| | Croustillon | 0 | 36 | 30 |
| Couleur | Marron foncé | 0 | 28 | 30 |
| | Marron | 4 | 8 | 6 |
| | Marron claire | 32 | 0 | 0 |
| Odeur | Bonne | 36 | 36 | 36 |
| | Mauvais | 0 | 0 | 0 |
| Goût | Excellent | 0 | 36 | 10 |
| | Bon | 8 | 36 | 26 |
| | Mauvais | 28 | 0 | 0 |

Témoin : céréales petit déjeuner à base de farine panifiable.

1er essai : céréales petit déjeuner à base de 20% remoulage bis.

2 ème essai : céréales petit déjeuner à base 30% remoulage bis.

Annexe 5

La valeur nutritive des céréales petit déjeuner :

| Valeur nutritive : | Pour 100 g | Pour 30g |
|----------------------------|------------|-----------|
| Valeur énergétique KJ | 1594.4Kj | 478.32Kj |
| Valeur Calorique KCAL | 380.9Kcal | 114.3Kcal |
| Lipides dont : | 2.22g | 0.7g |
| Acides gras saturés | 1g | 0.3g |
| Acides gras mono insaturés | 1g | 0.3g |
| Acides gras poly insaturés | 0.24g | 0.07g |
| Glucides dont: | 85g | 25.5g |
| Sucres totaux | 28.2g | 8.5g |
| Protéines | 4.6g | 1.4g |
| Fibres alimentaires | 1.6g | 0.5g |
| Sel | 0.12g | 0.04g |