



**UNIVERSITÉ
D'ANTANANARIVO**



**ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES
AGRONOMIQUES**

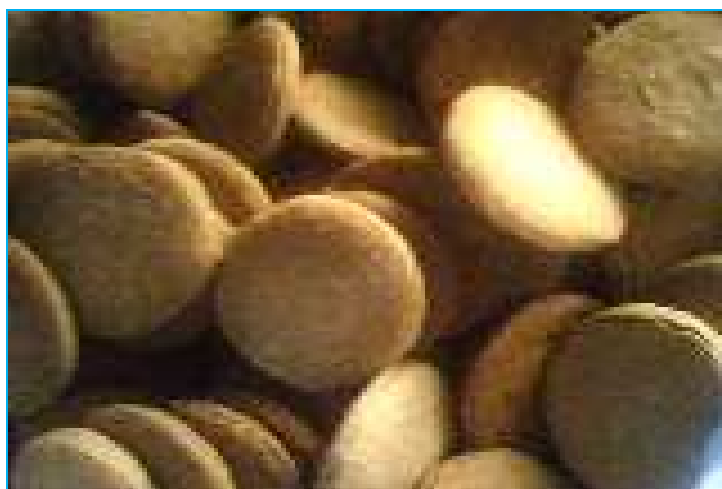
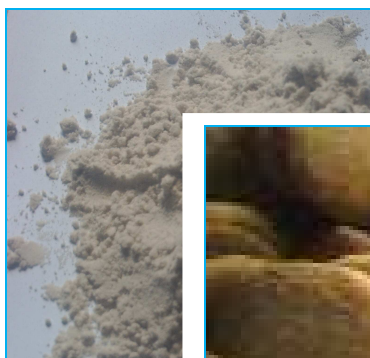
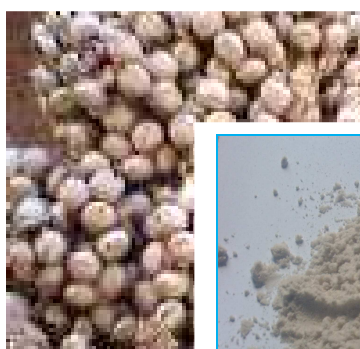
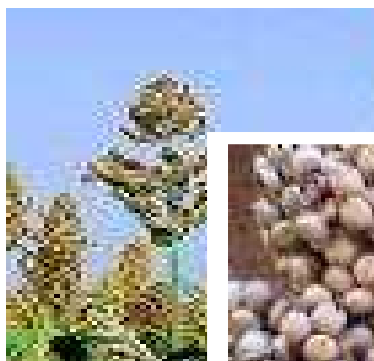


**DEPARTEMENT INDUSTRIES AGRICOLES
ET ALIMENTAIRES**



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome
Option Industries Agricoles et Alimentaires

**ETUDE de FAISABILITE TECHNICO - ECONOMIQUE
d'une BISCUITERIE à base de FARINE de SORGHIO
dans la Commune rurale d'ANALAVORY
, de la Région ITASY**



Présenté par : Lalaniaina Seheny ANDRIAMANDANJA

Promotion AINA

2004-2009



**UNIVERSITÉ
D'ANTANANARIVO**



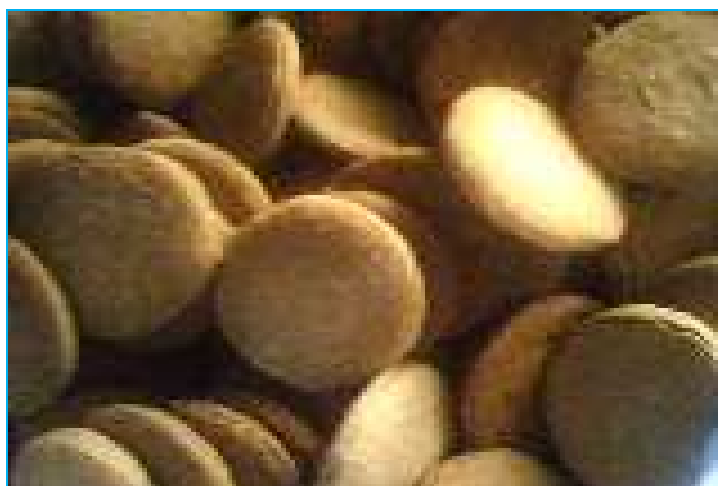
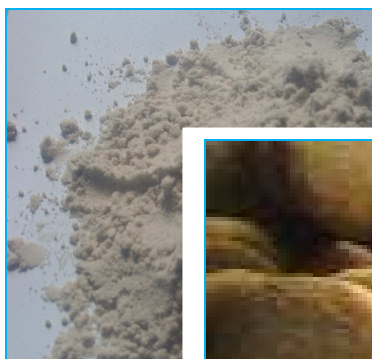
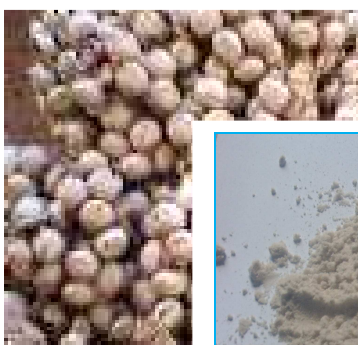
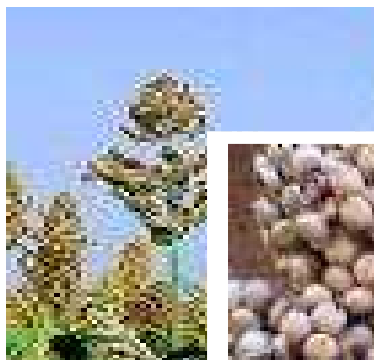
**ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES
AGRONOMIQUES**

**DEPARTEMENT INDUSTRIES AGRICOLES
ET ALIMENTAIRES**



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome
Option Industries Agricoles et Alimentaires

**ETUDE de FAISABILITE TECHNICO - ECONOMIQUE
d'une BISCUITERIE à base de FARINE de SORGHIO
dans la Commune rurale d'ANALAVORY
, de la Région ITASY**



Soutenu le : 24 Février 2010

Devant la composition des membres du jury suivante :

Président : Professeur Béatrice RAONIZAFINIMANANA

Examineurs :

- Mademoiselle Vonimihango RAMAROSON

- Docteur Randrianary Jean Baptiste RAMAROSON

Encadreur professionnel et académique : Docteur Roger Lalao RANAIVOSON



« Sambatra izay olona mahita fahendrena sy izay
olona mahazo fahalalana »

« Fa Jehovah no manome fahendrena, avy amin'ny
vavany no iavian'ny fahalalana sy ny fahazavan-
tsaina »

(Ohabolana 3 : 13 ; 2 : 6)



Remerciements

Avant tout, je rends grâce à Dieu qui m'a donné force et santé durant l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

Cet ouvrage n'aurait pas pu être réalisé sans la collaboration de plusieurs personnes que je tiens à remercier ici :

Mes sincères remerciements s'adressent à :

- Professeur Béatrice RAONIZAFINIMANANA, Chef du Département Industries Agricoles et Alimentaires, qui nous a honoré en acceptant de présider cette soutenance de mémoire,
- Mademoiselle Vonimihaingo RAMAROSON, responsable technique du laboratoire d'analyse sensorielle d'Ambatobe, qui a bien voulu être parmi les examinateurs de cette soutenance,
- Docteur Randrianary Jean Baptiste RAMAROSON, enseignant-chercheur au Département Industries Agricoles et Alimentaires, qui a bien accepté d'être l'examineur de cette soutenance
- Docteur Roger RANAIVOSON, Chercheur-enseignant, Chef du Département de Recherches Technologiques (DRT- FOFIFA), qui a accepté d'encadrer ce mémoire, a suivi avec constance la progression de mes travaux et a prodigué des conseils judicieux.

Je tiens à remercier aussi à :

- toute l'équipe du laboratoire d'analyse sensorielle DRT-FOFIFA Ambatobe
- toute l'équipe du laboratoire d'analyse physico-chimique du DRT-FOFIFA Ambatobe
- toute l'équipe du laboratoire de la nutrition Département Elevage, ESSA
- toute l'équipe du laboratoire du Département Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA

Ma gratitude va aussi à ma famille, particulièrement à Dada sy Neny, Dyna, Vero, Miza, Mampionona, Ony, Andry, Ilo, Tsiory, Mialy et Marinah, qui m'ont toujours soutenu moralement et financièrement durant toutes mes études ;

Et toutes mes sincères reconnaissances à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation et à l'élaboration de cet ouvrage.

Merci à tous !

Avant propos

De tous temps, les céréales cultivées dans les pays d'Afrique de l'Ouest et du centre (mil, maïs, sorgho, riz) ont été à la base de l'alimentation humaine, sous forme de bouillies, de couscous, de pâtes alimentaires, etc. Ces denrées alimentaires sont toujours recherchées, et il est constaté le développement à Madagascar du marché de produits traditionnels et nouveaux (biscuit, *mofogasy*, pain) élaborés par des petites entreprises pour leur assurer une plus longue durée de conservation et une plus large distribution. Destiné aux petites entreprises de transformation et aux organismes d'appui à ce secteur, ce document apporte des informations très pratiques sur le sorgho, sur les procédés de fabrication de biscuits à base de farine de sorgho et sur les équipements nécessaires à leur réalisation. Les données techniques et économiques sont issues d'expériences d'entreprises et d'études de cas.

Il en existe beaucoup actuellement sur le marché, pour ne citer que le lait en boîtes, les biscuits, les bonbons de différentes origines qui, malheureusement concurrencent dangereusement les produits de l'industrie locale. « Si ce phénomène se poursuit, les industriels locaux auront du mal à survivre » selon un opérateur économique local qui dénonce que c'est la sous facturation pratiquée par certains importateurs qui rend momentanément leurs produits moins chers sur le marché. La consommation de biscuits devient déjà importante en Afrique. La relative compétitivité de la farine de céréales locales par rapport à la farine de blé ouvre un large marché aux biscuits à base de céréales locales. La fabrication de biscuits s'avère une activité innovante encore peu répandue en Afrique, surtout à Madagascar.

Cet ouvrage s'est surtout concentré sur la contribution du secteur I.A.A. dans le développement socio-économique de notre pays. Il met en œuvre ainsi une technique de transformation du sorgho, laquelle est actuellement encore moins exploitable chez nous, mais qui est en phase de lancement suivant la politique existante. Le plan de ce travail de recherche est détaillé en annexe n°1.

Sommaire

REMERCIEMENTS.....	i
AVANT PROPOS.....	ii
SOMMAIRE.....	iii
LES DIFFERENTES LISTES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES PARTIES EXPERIMENTALES.....	ix
LISTE DES ANNEXES.....	x
LISTE DES ACRONYMES.....	x
LISTE DES ABREVIATIONS.....	xi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE I : GENERALITES SUR LES BISCUITS	
I- Rappels et généralités sur le biscuit.....	2
I-1-Définitions du biscuit	2
I-2- Historique	2
I-3- Caractéristiques	4
I-4 -Différents types du biscuit.....	6
II- Processus de fabrication des biscuits	7
II-1-Matières premières et caractéristiques	7
II-2- Types d'ingrédients.....	10
II-3-Processus de fabrication des biscuits	11
II-4- Types de matériels en biscuiterie	14
III- Farine de sorgho.....	15
III-1-Sorgho.....	15
III-2- Processus de fabrication de farine de sorgho à l'échelle artisanale.....	16
III-3-Composition physico-chimique de la farine de sorgho	19
Conclusion partielle I	20

PARTIE II : ESSAIS TECHNOLOGIQUES DE FABRICATION et ETUDE DE DEVELOPPEMENT DES BISCUITS SECS A BASE DE SORGHO

I- Caractéristiques des matières premières	21
I-1- Caractérisation.....	21
II- Etude pratique de fabrication des biscuits artisanaux	24
II-1- Manipulation	24
II-2- Essai de fabrication	25
II-3- Etude de développement des différents produits	30
II-4- Résultats	31
II-5-Interprétations des résultats du développement du produit fini en fonction du taux de farine de sorgho incorporée	35
Conclusion partielle II.....	39

PARTIE III : ETUDE DES CARACTERES SENSORIELS et NUTRITIONNELS DES BISCUITS SECS A BASE DE SORGHO

I- Evaluation sensorielle.....	40
I-1-Matériels et équipements.....	40
I-2- Méthodes	41
I-3- Résultats	43
II- Analyses physico-chimiques et nutritionnelles	52
II-1-Matériels et équipements	52
II-2- Méthodes.....	53
II-3- Résultats.....	54
II-4-Représentation graphique des composants des deux produits bA et bB.....	56
II-5-Comparaison des 2 produits bA et bB	57
Conclusion partielle III.....	58

PARTIE IV : ETUDE ECONOMIQUE D'UNE BISCUITERIE A BASE DE SORGHO

I –Contexte et historique du projet.....	59
I-1-Présentation du projet.....	59
I-2- Problématique du choix du projet	59
I-3-Description de l’entreprise et de ses activités	60
I-4-Objectifs du projet.....	61
I-5-Critères de choix de l’implantation de l’usine.....	61
I-6-Analyse du marché et politique du marketing.....	62
I-7- Localisation, site et environnement de l’usine implantée	63
II- Dossier technique	63
II-1-Matière première	63
II-2-Procédé de fabrication de farine de sorgho	63
II-3 Mécanisme de production de farine de sorgho.....	64
II-4-Calcul du coût unitaire	iv
III- Dossier financier	xi
III-1-Plan d’implantation de l’usine	xi
III-2-Dossier économique.....	xii
Conclusion partielle IV	xv
 CONCLUSION GENERALE.....	 78
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	79
PARTIE EXPERIMENTALE.....	81
ANNEXES.....	101

Liste des tableaux

Page

TABLEAU 1: Composition nutritionnelle des types de biscuits pour 100g.....	6
TABLEAU 2: Norme sur la valeur nutritive des biscuits.....	6
TABLEAU 3: Choix des caractéristiques alvéographiques de la farine.....	8
TABLEAU 4 : Ingrédients de biscuits secs tirés dans un ouvrage.....	11
TABLEAU 5: Différentes chaleurs de four pour des types de produits.....	12
TABLEAU 6 : Composants de la farine de sorgho.....	19
TABLEAU 7 : Composants de la farine de 3 variétés de sorgho.....	22
TABLEAU 8: Ingrédients utilisés pour la fabrication du biscuit.....	26
TABLEAU 9: Formulation de biscuits secs utilisés pour chaque type de produit.....	30
TABLEAU 10 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bA'.....	32
TABLEAU 11 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bB'.....	32
TABLEAU 12 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bC'.....	33
TABLEAU 13 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bD'.....	33
TABLEAU 14 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bE'.....	34
TABLEAU 15 : Tableau récapitulatif du développement des biscuits secs suivant le taux d'incorporation de farine de sorgho avec les différences de poids et celles de volume respectives.....	35
TABLEAU 16 : Développement D en fonction du taux d'incorporation de farine de sorgho.....	36
TABLEAU 17: Coefficients de corrélation entre le gain en volume, la perte en poids et le taux d'incorporation de farine de sorgho.....	37
TABLEAU 18: Tableau de la moyenne des préférences globales des consommateurs sur les 5 produits bA, bB, bC, bD et bE.....	43
TABLEAU 19: ANOVA sur la préférence globale.....	44
TABLEAU 20: Tableau de la moyenne des descripteurs pour chaque produit.....	45
TABLEAU 21 : ANOVA de l'intensité de la couleur des différents produits.....	46
TABLEAU 22 : ANOVA de l'odeur des différents produits.....	47
TABLEAU 23: ANOVA de la dureté des différents produits.....	48
TABLEAU 24: ANOVA de l'intensité sucrée des différents produits.....	49
TABLEAU 25 : Matériels et équipements pour les analyses nutritionnelles.....	52
TABLEAU 26: Valeurs obtenues pour le dosage de l'humidité du biscuit à base de farine de sorgho.....	54
TABLEAU 27 : Valeurs obtenues de la teneur en MG du biscuit à base de farine de sorgho.....	55

TABLEAU 28 : Valeurs obtenues pour le dosage de la cendre brute du biscuit sec à base de farine de sorgho.....	55
TABLEAU 29 : Valeurs obtenues de la teneur en protéines du biscuit à base de farine de sorgho.....	55
TABLEAU 30: Valeurs obtenues de la teneur en glucides totaux du biscuit à base de farine de sorgho.....	56
TABLEAU 31: Valeurs obtenues de la VE du biscuit à base de farine de sorgho.....	56
TABLEAU 32 : Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse physico-chimique sur les produits bA et bB.....	57
TABLEAU 33: Matières premières utilisées pour la fabrication de biscuits secs à base de sorgho.....	63
TABLEAU 34 : Quantités d'ingrédients prévus utilisés par jour pour la transformation	64
TABLEAU 35: Mécanisme de production de biscuits secs à base de farine de sorgho.....	65
TABLEAU 36 : Charges de production.....	67
TABLEAU 37: Tableau de consommation d'énergie par jour respective aux différents matériels	68
TABLEAU 38 : Charge du personnel.....	69
TABLEAU 39 : Coûts des différents matériels et de leurs amortissements par an.....	70
TABLEAU 40 : Somme des dépenses annuelles de l'usine.....	70
TABLEAU 41 : Capital investi I (charges calculées)	75
TABLEAU 42: Valeurs retenues du poids des pâtons de l'entrée et poids des biscuits à la sortie du four.....	83
TABLEAU 43: Valeurs retenues de l'épaisseur, du diamètre et du volume des pâtons à l'entrée du four.....	86
TABLEAU 44 : Valeurs retenues de l'épaisseur, du diamètre et du volume des biscuits à la sortie du four.....	88
TABLEAU 45: Données des résultats d'analyse de l'humidité du produit bA.....	91
TABLEAU 46: Données des résultats d'analyse de l'humidité du produit bB.....	92
TABLEAU 47 : Données des résultats d'analyse de la teneur en MG du produit bA.....	94
TABLEAU 48 : Données des résultats d'analyse de la teneur en MG du produit bB.....	94
TABLEAU 49: Données des résultats d'analyse de la teneur en CB du produit bA.....	96
TABLEAU 50: Données des résultats d'analyse de la teneur en CB du produit bB.....	96
TABLEAU 51 : Données sur les analyses de la teneur en protéine des deux échantillons bA et bB.....	98
TABLEAU 52 : Calcul de la teneur en glucides totaux du produit bA et du produit bB.....	99
TABLEAU 53: Calcul de la valeur énergétique globale des biscuits à base de sorgho bA et bB.....	100
TABLEAU 54 : Plan de recherche.....	101
TABLEAU 55 : Importation des biscuits effectuée par Madagascar allant de 2004 à 2009 (1ers trimestres 2009)	103
TABLEAU 56: Exportation de biscuits effectuée par Madagascar allant de 2004 à 2009 (1er Trimestre 2009)	105
TABLEAU 57 : Méthodes d'analyses et d'échantillonnage de farine de sorgho.....	109
TABLEAU 58 : Tableau des nombres au hasard.....	112

TABLEAU 59 : Identification et codage des échantillons.....	113
TABLEAU 60: Ordre de présentation des échantillons.....	113
TABLEAU 61: Ordre de présentation des échantillons remplacé par les codes.....	114
TABLEAU 62: Table de la loi de Fisher-Snedecor.....	118
TABLEAU 63 : Données de la préférence globale des 82 sujets.....	121
TABLEAU 64: Données de l'évaluation sensorielle sur l'intensité de la couleur.....	124
TABLEAU 65: Données de l'évaluation sensorielle sur l'odeur	128
TABLEAU 66: Données de l'évaluation sensorielle sur la dureté.....	132
TABLEAU 67: Données de l'évaluation sensorielle sur l'intensité sucrée.....	136
TABLEAU 68 : Tableau d'amortissement linéaire sur 5 ans	140
TABLEAU 69 : Tableau d'amortissement dégressif sur 5 ans.....	141
TABLEAU 70: Tableau de la Marge brute d'autofinancement (MBA).....	142

Liste des figures

Page

Figure 1 : Poids net des biscuits importés et l'exportés par Madagascar de l'année 2005 au premier trimestre de l'année 2009.....	4
Figure 2 : Etapes de fabrication de biscuits secs à l'échelle industrielle.....	13
Figure 3 : Pétrin.....	14
Figure 4 : Laminoir.....	14
Figure 5 : Façonneuse	14
Figure 6: Four électrique à étage.....	14
Figure 7: Coupe de grain de sorgho.....	16
Figure 8: Diagramme de fabrication de farine de sorgho.....	17
Figure 9: Diagramme de fabrication de farine de sorgho à l'échelle laboratoire.....	24
Figure 10 : Broyeur électrique.....	25
Figure 11 : Tamis.....	25
Figure 12: Diagramme de fabrication du biscuit à base de sorgho.....	27
Figure 13 : Balance automatique.....	29
Figure 14 : Verre à mesurer.....	29
Figure 15 : Laminoir.....	29
Figure 16 : Moule.....	29
Figure 17 : Four électrique.....	29
Figure 18: Moule utilisée avec ses dimensions.....	30
Figure 19: Figure des différents types de biscuits secs en fonction du taux de farine de sorgho incorporée sorgho.....	31
Figure20 : Diminution de poids et celle de volumes des différents taux d'incorporation de farine de sorgho après cuisson.....	36
Figure 21 : Répartition d'âge des sujets.....	41
Figure 22 : Graphe des moyennes de la préférence globale des 82 consommateurs.....	44
Figure 23 : Graphe de la moyenne de l'intensité de la couleur des 5 produits.....	45

Figure 24 : Graphe de la moyenne de l'intensité de l'odeur des 5 produits.....	46
Figure 25: Graphe de la moyenne de l'intensité de dureté des 5 produits.....	47
Figure 26: Graphe de la moyenne de l'intensité sucrée des 5 produits.....	48
Figure 27 : Représentation graphique des 5 produits et les 3 critères significatifs d'après ACP.....	50
Figure 28: Représentation graphique des composants du produit bA.....	56
Figure 29: Représentation graphique des composants du produit bB.....	56
Figure 30 : Organigramme de la biscuiterie à base de sorgho.....	60
Figure 31 : Plan de l'usine vue du haut.....	73

Liste des parties expérimentales

	Page
Partie expérimentale 1: Mode opératoire du tamisage.....	81
Partie expérimentale 2: Mesure du développement.....	83
Partie expérimentale 3 : Matériels, méthode et résultats de détermination de la teneur en eau.....	91
Partie expérimentale 4 : Matériels, méthode et résultats de détermination de la teneur en matières grasses.....	93
Partie expérimentale 5 : Matériels, méthode et résultats de détermination de la teneur en cendres brutes.....	95
Partie expérimentale 6 : Matériels, méthode et résultats de détermination de la teneur en protéines totales.....	97
Partie expérimentale 7 : Méthode et résultats de détermination de la teneur en glucides totaux.....	99
Partie expérimentale 8 : Méthode et résultats de détermination de la valeur énergétique globale du biscuit à base de sorgho.....	100

Liste des annexes

Page

ANNEXE I : Plan de la recherche.....	101
ANNEXE II : Données de l'INSTAT.....	103
ANNEXE III : Norme CODEX pour la farine de sorgho.....	106
ANNEXE IV: Questionnaire sur l'évaluation sensorielle.....	110
ANNEXE V: Tableau des nombres au hasard.....	112
ANNEXE VI : Lettre code et l'ordre de présentation des produits.....	113
ANNEXE VII : Table de la Loi de Fisher-Snedecor.....	118
ANNEXE VIII : Données des résultats de l'Analyse Sensorielle.....	121
ANNEXE IX : Détails sur les calculs de la MBA.....	140
ANNEXE X: Détails sur les calculs de la DRCL.....	141

Liste des acronymes

PPN : produits de première nécessité

KOBAMA : *KOBA Malagasy*

ANOVA : *ANalysis Of VAriance* (analyse de la variance)

ACP : Analyse des Composantes Principales

FOFIFA : *FOibe FIkarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra*

INSTAT : INStitut national de la STATistique

Liste des abréviations

E.S.S.A : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
I.A.A : Industries Agricoles et Alimentaires
DRT : Direction de Recherches Technologiques
MF: Matière Fraîche
MP : Matière Première
PF : Produit fini
LAS : Laboratoire d'Analyse Sensorielle
° GL: degré *Guy Lussac*
CUD : coefficients d'utilisation digestive
N° : Numéro
PU : Prix Unitaire
Rdt : rendement
ANOVA : *ANalysis Of Variance* (analyse de la variance)
ACP : Analyse en Composantes principales
MBA : Marge Brute d'Autofinancement
VAN : Valeur Actuelle Nette
Ar : *Ariary*
CU : Coût Unitaire
DT : Dépenses annuelles Totales
g /l : gramme par litre
g /Kg : gramme par kilogramme
 $P_0, P_1, P_2, \dots P_n$: expression du poids de 0 à n
N : teneur en azote total
 H_n : Humidité de 1 à n
T : normalité de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée lors du titrage
P : teneur en protéine
G : teneur en glucide
CB : teneur en cendres brutes
L, MG : Lipide ou Matière Grasse
VE : valeur énergétique
Kcal : kilocalorie
KJ : kilojoule
MS : Matière Sèche

INTRODUCTION GENERALE

La biscuiterie est une industrie agroalimentaire de deuxième transformation. Elle s'occupe de celle des matières premières telles : la farine, le sucre,... en vue de produire des biscuits. La biscuiterie requiert des caractéristiques spécifiques à la farine utilisée pour pouvoir parvenir à une production satisfaisante tant au niveau de sa qualité nutritionnelle qu'au niveau de sa qualité organoleptique.

La présente étude a utilisé une farine composite blé - sorgho pour la fabrication du biscuit sec. Le sorgho est une céréale, source d'énergie, de protéines, de vitamines et de sels minéraux.

Les recherches visent les objectifs suivants : promouvoir l'utilisation industrielle et mettre en valeur les produits agricoles, tels que le sorgho, puis limiter les importations massives de farine de blé par la substitution de farine de sorgho en biscuiterie. Ainsi transformer le sorgho en farine a été choisi en vue de formuler un biscuit sec à base de cette farine de sorgho, pouvant être accepté par la population malgache.

Des recherches bibliographiques nous avons permis de réaliser l'étude de faisabilité technico- économique de ce nouveau produit à base de sorgho, afin de connaître ses potentialités, autant du point de vue commerciale qu'économique. Des essais d'analyse et de recherche sur l'évaluation sensorielle et l'analyse physico-chimique du produit naissant ont été effectués dans divers laboratoires, tels que laboratoire des IAA ESSA, laboratoire de nutrition du département Elevage ESSA et laboratoire physico-chimique et d'Analyse Sensorielle du DRT-FOFIFA Ambatobe, en vue d'assurer l'évaluation de la qualité physico-chimique et nutritionnelle des biscuits à base de farine de sorgho.

A cet effet, le présent mémoire comportera quatre grandes parties, à savoir :

- Les généralités sur les biscuits,
- Les essais technologiques de fabrication et l'étude de développement des biscuits secs à base de farine de sorgho,
- Les études des caractères sensoriels et nutritionnels des biscuits secs à base de farine de sorgho,
- L'étude économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho: Ingénierie.

PARTIE I

Généralités sur les biscuits

Cette première partie, les généralités sur les biscuits, traite les approches systématiques de l'étude telles que les définitions du biscuit, leur caractéristique, les différents types de biscuit, les matières premières utilisées, et les processus de fabrication.

I- Rappels et généralités sur le biscuit

I-1-Définitions du biscuit

L'origine du mot est cependant claire, Bis - Cuit, « qui a subi une double cuisson ». A ses débuts, le biscuit était en effet une sorte de galette nécessitant une première cuisson, puis un passage dans une étuve chauffée vers 90 – 100 °C pour terminer l'évaporation de l'humidité. Cette double cuisson n'est plus pratiquée actuellement en biscuiterie et il serait plus juste aujourd'hui d'entendre le terme biscuit par « bien cuit » [1]. « C'est un aliment à base de farine alimentaire, de matières sucrantes, de matières grasses, d'œufs et de tous autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés, susceptibles, après cuisson, de conserver ses qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (pâtisserie industrielle) ».

Le biscuit est une galette très dure, constituant autrefois un aliment de réserve pour les soldats ; pâtisserie faite de farine, d'œufs et du sucre. Le biscuit sablé ou biscuit sec est un biscuit rond et croquant, c'est la recette qui le différencie des autres biscuits. Il s'agit d'une sorte de gâteau sec fait avec de la pâte sablée. [2]

Biscuit : de *bis* (une seconde fois) et *cuit*. Comme son étymologie l'indique, le biscuit est destiné à cuire deux fois, que ce soit en cuisine ou dans le domaine des arts du feu. Dans ce dernier, la seconde cuisson est généralement un émaillage. Dans d'autres cas, elle produit des objets non émaillés pouvant par exemple imiter le grain du marbre. Paradoxalement, le terme biscuit désigne très souvent l'objet qui n'a pas encore été cuit deux fois, mais est destiné à l'être. [12]

I-2- Historique

I-2-1-Historique dans le monde

Apparus dans l'antiquité, les biscuits sont des mélanges plus ou moins harmonieux de céréales, de sucres et de matières grasses. A ces ingrédients de base, on peut ajouter des œufs, du lait, des fruits secs ou oléagineux, du chocolat, des épices ou de la confiture. Le terme « biscuit » désigne généralement un petit gâteau cuit au four.

Il est le résultat de l'évolution linguistique du terme « *besquis* » qui, au Moyen Age, faisait référence à « des petits pains que l'on appelle *besquis* parce qu'ils sont cuits de deux à quatre fois » d'après Jean de Joinville, noble et biographe de Saint Louis. Ce terme vient lui-même du latin « *panis biscotus* » signifiant « pain cuit deux fois » et dont on trouve les premières occurrences dès le X^e Siècle.

Les biscuits apparaissent sous leur forme actuelle au Moyen Age avec l'emploi de la cuisson au four en remplacement des autres modes de cuisson, et avec l'arrivée des épices de l'orient telles que la cannelle dans les coulisses des croisades. L'une des plus anciennes références se porte au sobriquet de Johannes de Cureghem, le Bon Coque du Prieuré de Grœnendael sous Jan van Ruusbroec, surnommé de Speculo selon Henricus Pomerius, qui lui a attribué autant d'espace dans ses œuvres qu'il a donné au dit grand-père spirituel de Thomas à Kempis. On peut dire communément, « tremper son biscuit ». [16]

L'industrie de la biscuiterie sèche n'a pris naissance qu'il y a 150 ans à peine en Angleterre vers 1815. [1]

Dès le 10^{ème} Siècle, le moine Abbon fait allusion au pain biscuit (*panis biscotus*). Le biscuit a l'avantage de mieux se conserver par rapport au pain ordinaire.

Au 12^{ème} Siècle, les biscuits sont de plus en plus variés : parfumés, aromatisés, fourrés à la confiture ou aux fruits.

En 1862, naissent les premières biscuiteries industrielles en France. C'est à cette période que l'industrie du biscuit sec démarre véritablement.

En 1886, apparaît le "véritable petit beurre" par Lefèvre-Utile (LU) à Nantes. En 1896, naît la biscuiterie nantaise (BN).

Enfin en 1914, le biscuit est un aliment à part entière, composé de beurre fin de Bretagne, de lait, de miel de Bretagne et d'œufs... [17]

I-2-2- Biscuit à Madagascar

Le revers de la libéralisation à outrance se fait sentir dans le secteur des produits artisanaux malagasy. La filière de la biscuiterie, très florissante autrefois, rencontre des problèmes de débouchés suite à la concurrence des produits venus d'ailleurs qui sont vendus à prix bradés. [18]

I-2-2-1-Situation actuelle du marché de biscuit

De nos jours, le marché du biscuit à Madagascar se trouve en nette régression. Après des enquêtes menées auprès de plusieurs producteurs de biscuits artisanaux, il s'avèrerait que la profession peut encore tenir à flot grâce aux revendeurs provenant des régions qui s'approvisionnent dans la capitale avec des centaines de kilogrammes à chaque jour de marché. Les artisans regroupés en entreprises familiales se plaignent des effets négatifs de la libéralisation du marché qui, à la longue, leur serait fatale. Des produits de qualité moindre arrivent ainsi à percer le marché malagasy avec des prix relativement compétitifs grâce à la suppression de certaines taxes dues aux différents échanges commerciaux avec des pays de la région. Les victimes sentent pourtant qu'ils sont lésés sur toute la ligne car la plupart des conventions commerciales signées facilitent les fraudes sur les origines des produits importés, rendant le contrôle de traçabilité difficile. Dans cette filière, des produits périmés et hors normes sont déversés sur le territoire, au détriment des opérateurs locaux qui n'en sont aucunement protégés.

Friandises, bonbons et biscuits sont indissociables des fêtes. Malheureusement, ces derniers ne sont pas épargnés par la hausse de prix. Sur les étagères des grossistes, on constate un changement de tarifs pour les biscuits fabriqués par les industriels locaux. La majoration varie entre 10 à 50 Ariary. Pour les « 18 petits-beurre » par exemple, le paquet est passé de 500 à 510 Ariary, de 170 à 180 Ariary pour les biscuits « Family » et « Goûter » tandis que pour le « Bolo » la hausse est plus importante à raison de 50 Ariary, le prix de l'unité est passé de 150 à 200 Ariary. Dans les petites épiceries, ils sont vendus encore beaucoup plus chers, par exemple, les 18 petits-beurre coûtent les 600 Ariary. Par contre, pour les biscuits assortis vendus par kilo, le prix est maintenu actuellement à 6 000 Ariary dans la capitale de Madagascar [18].

I-2-2-2-Importation et exportation

Les données de l'INSTAT de l'année 2005 au premier trimestre de l'année 2009 sur l'import et l'export de biscuits secs à Madagascar se résument dans les deux tableaux n°55 et n°56 de l'annexe II. Les deux tableaux cités précédemment informent les différents pays de destination concernant l'importation et l'exportation de biscuit sec. Les poids nets des biscuits importés et exportés par Madagascar en 2005, et au cours du premier trimestre de l'année 2009 sont présentés dans la figure suivante :

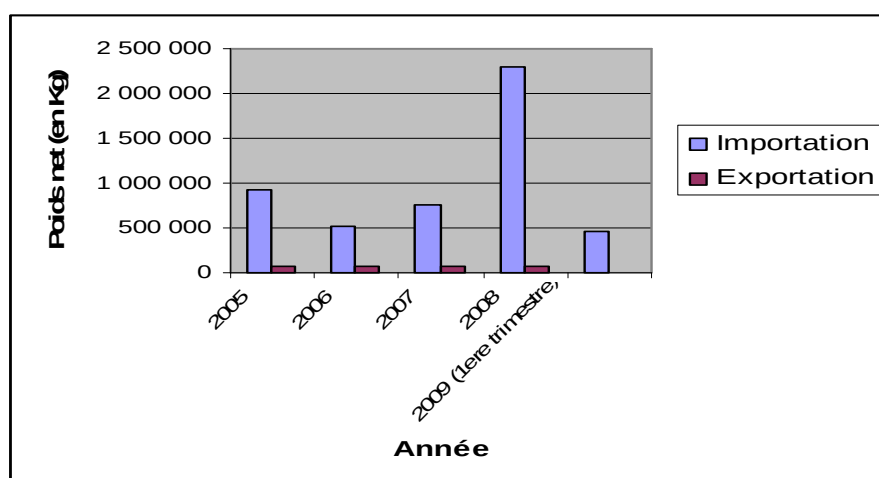


Figure 1 : Poids net des biscuits importés et l'exportés par Madagascar de l'année 2005 au premier trimestre de l'année 2009

D'après cette figure, l'importation de biscuit sec à Madagascar est très élevée jusqu'à 2.304.553 Kg en 2008, alors que la quantité exportée est évaluée seulement de 75.564 Kg.

I-3- Caractéristiques [15]

En effet, le désir d'obtenir des biscuits particulièrement croquants et secs nécessite la sortie des pâtons du four à mi-cuisson et après refroidissement, l'enfournement de ces derniers est à conseiller à nouveau pour achever la cuisson. Par ailleurs, l'appellation biscuit a pris un sens plus général et recouvre des pâtisseries fortes différentes.

I-3-1-Description [15]

Le biscuit est un produit sec obtenu à partir d'une cuisson d'une pâte constituée d'un mélange de farines composées (blé et céréales et/ou légumineuses), de matières sucrantes, de matières grasses et de tout autre produit alimentaire, parfums et autres condiments autorisés. Après la cuisson, le biscuit doit conserver ses qualités organoleptiques et commerciales durant une période supérieure à un mois.

Le concept de biscuit recouvre une gamme de produits très large : biscuits de "mer" (farine, eau, sucre), biscuits fins, petit-beurre, biscuits fourrés ... Ils se distinguent par leur composition, leurs formes, les techniques utilisées. Le taux d'incorporation de la farine locale peut varier de 25 à 80% selon la céréale et la technique utilisée.

Les opérations de transformation sont les suivantes : tamisage de la farine pour éliminer les impuretés, broyage du sucre (facultatif selon la finesse du sucre disponible sur le marché), mélange/pétrissage des ingrédients solides et liquides, moulage des biscuits dans des moules, cuisson et emballage.

I-3-2- Caractéristiques proprement dites [18]

Le biscuit est un aliment nourrissant et qui se conserve, il est en général un produit énergétique de longue conservation (de trois mois à plusieurs années en fonction du taux de matières grasses). Cependant, lorsque l'humidité relative de l'air est supérieure à 50%, l'emballage doit être imperméable à l'humidité (emballages spécifiques souvent chers).

Des techniques simples et des taux de substitution de la farine de blé en d'autre farine de céréale se font dans la biscuiterie. Les opérations de transformation sont réalisables tant à l'échelle artisanale qu'industrielle. Le taux d'incorporation de farines locales peut être beaucoup plus élevé en biscuiterie jusqu'à 80%, conduisant à un certain rejet de la part des consommateurs.

I-3-3-Composition nutritionnelle des biscuits

Les biscuits secs sont riches en énergie et en nutriment. On appelle "nutriment" toute substance alimentaire qui contribue au fonctionnement de l'organisme, et qui se trouve dans l'alimentation. Il s'agit donc d'élément ou de composé organique ou inorganique qui est nécessaire à la vie vu leur rôle respectif dans l'organisme de l'être vivant. Les protéines aident la croissance, le renouvellement et la réparation des os, des muscles et autres organes vitaux ; les lipides (graisses) couvrent une partie de nos besoins en énergie, les glucides (sucre) apportent d'autres formes d'énergie à notre organisme, les fibres, très importantes pour la digestion et les vitamines ont un rôle de protection de l'organisme et les sels minéraux jouent un rôle majeur au niveau des cellules.

Les compositions nutritionnelles des types de biscuit pour 100 grammes sont données « dans le tableau n°1 » :

TABLEAU 1: Composition nutritionnelle des types de biscuits pour 100g [1]

Types de biscuit	Amidon (g)	Sucres (g)	Protéines (g)	Lipides (g)	Kcal*
Biscuit type petit beurre	56	21	9	11	440
Biscuit sablé	45	23	7	22	500
Goûter sec	52	27	8	5	390
Biscuit aux oeufs	26	58	8	4	405
Génoise confituré	21	57	5	3	360
Biscuit confituré	30	45	5	5	365
Goûter fourré chocolaté	40	33	7	18	480
Biscuit chocolaté	29	35	7	26	520
Cookie	31	29	6	27	505

*1KJ :4,18Kcal

I-3-4-Norme sur la valeur nutritive des biscuits secs

Les normes sur la valeur nutritive des biscuits cas de la biscuiterie JB sont données
« dans le tableau n°2 »:

TABLEAU 2: Norme sur la valeur nutritive des biscuits [6]

Caractéristiques	Normes
Teneur en eau (%)	0,81 - 3,51
Teneur en protéines brutes (%)	6,46 - 8,32
Teneur en matières grasses brutes (%)	8 - 17,20
Teneur en cendres brutes (%)	0,85 - 1,62
Teneur en glucides (%)	74,69
Valeur calorifique (Kcal/g)	4,28
Teneur en sodium (mg)	210 - 509
Teneur en potassium (mg)	94 - 172
Teneur en calcium (mg)	33 - 71

I-4 -Différents types du biscuit

I-4-1-Classification en fonction de la composition de la pâte [1]

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

fabrications. On peut cependant, suivant la composition de la pâte, considérer les types de biscuit suivants.

Des produits à pâte dure ou semi dure ou à pâte épaisse (type biscuits secs : catégories sucrées, salées pour apéritifs et crackers). Ce type de pâte est travaillé à la main, pétrie et roulée sur une planche à pâtisserie au moyen d'un rouleau. La pâte roulée doit former une couche d'une épaisseur parfaitement égale, afin que la coloration et la cuisson des biscuits soient régulières. Les biscuits sont cuits sur une tôle ou une forme beurrée; ils sont espacés les uns des autres pour qu'ils ne collent pas en gonflant, et enfournés à four préchauffé.

Lorsqu'ils sont cuits, ils sont retirés délicatement de la plaque, avec une palette large, en métal, et disposés sur une grille.

Des produits à pâte molle (pâtisserie industrielle : articles secs et articles moelleux). Ces pâtes sont travaillées avec une cuillère et roulés sur une planche à pâtisserie au moyen d'une moule de différente forme pour le façonnage. Les pièces de biscuits façonnées sont ensuite déposées sur une plaque ; ils sont espacés les uns des autres pour qu'ils ne collent pas en gonflant, et enfournés à four préchauffé.

Des produits à pâtes liquide (gaufrettes : fourrées, sèches, gaufres et crêpes) : Ces pâtes sont travaillées avec une cuillère en bois dans une terrine. Pour la cuisson, la pâte est déposée en petits tas, sur une tôle beurrée au moyen d'une poche à douille ou à l'aide d'une petite cuillère. La pâte utilisée pour les confectionner varie elle aussi d'un biscuit à l'autre; elle sera épaisse pour certaines préparations, liquide pour d'autres. [15]

I-4-2-Classification en fonction de la nature des ingrédients [19]

En fonction de la nature des ingrédients, les biscuits sont classés en trois catégories.

D'abord, des biscuits riches en glucides complexes qui représentent au moins 50% du poids de ces biscuits. Ils sont faibles en matières grasses (moins de 10% de lipides) et en glucides simples. Leur index glycémique est bas (environ 50), c'est le cas des biscuits secs.

Ensuite, il y a les biscuits riches en glucides simples. Ce sont des biscuits riches en sucres (environ 50 g/100 g), ayant un index glycémique élevé. Ces biscuits sont pauvres en matières grasses (environ 5 g/100 g), c'est le cas des biscuits à la confiture.

Et enfin, des biscuits riches en énergie c'est-à-dire riches en matières grasses (environ 20 g/100 g) et en sucres, simples et complexes (70 g/100 g). Ils apportent donc beaucoup de calories, c'est le cas de nombreux biscuits au chocolat.

II- Processus de fabrication des biscuits

II-1-Matières premières et caractéristiques

Les biscuits secs comportent une majeure partie de farine de froment, rarement additionnés de farines de succédanés, maïs, riz, sorgho, ..., à laquelle sont associées les ingrédients suivants : des corps gras, du sucre, des œufs, du sel parfum et arôme, de l'eau potable, de la levure chimique équilibrée ou non. La composition des biscuits devient de plus en plus complexe, c'est pourquoi l'étude des matières premières est intéressante car chacune influe sur la qualité finale du produit.

La farine c'est le plus important des matières premières. La dénomination de farine sans autre qualificatif, désigne exclusivement le produit de la mouture de l'amande des graines de céréales, légumineuses, nettoyées et industriellement pures, et sera désigné par le mot « farine suivi du qualificatif indiquant l'espèce de graines, de céréales ou de légumineuses, entrant dans la composition de la mouture à l'état isolé ou à l'état de mélange ».

C'est l'élément de base de fabrication en biscuiterie. Elle apporte une texture si particulière, grâce à ce liant qui constitue le gluten, aux biscuiteries sèche [1]. Elle représente 60 à 70% des biscuits secs [3]. La connaissance de l'humidité de la farine relève deux importances, premièrement elle déduit la quantité d'eau à ajouter, ensuite c'est en fonction de cette humidité que l'on fixe la durée de stockage de cette matière qui peut être un milieu de développement des moisissures. Concernant la valeur nutritionnelle la farine a une proportion variable en gluten qui est un complexe colloïdal de protéines insolubles représentant environ 80% du matériel protéique de la farine [25]. A l'état hydraté, le gluten acquiert des propriétés d'élasticité et d'extensibilité qui lui rendent responsable des caractéristiques mécaniques des pâtes. Le taux du gluten (sec) normal est de 7 à 8% et son hydratation supérieure à 68% [1]. En biscuiterie industrielle, les critères de choix de la farine doivent suivre les critères donnés « dans le tableau n°3 » suivant :

TABLEAU 3: Choix des caractéristiques alvéographiques de la farine [4]

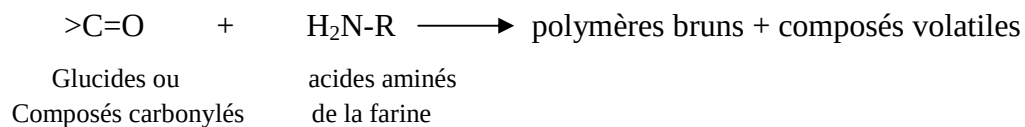
Taux de cendres (%)	0,48 - 0,60
Taux de protéines (%)	9 – 12
W alvéographique	80 et 200
P/L alvéographique	0,25 – 0,65
G alvéographique	18 et 23

La matière grasse est la deuxième constitution pondérale de la plupart des formules. Elle constitue les produits alimentaires les plus riches du point de vue énergétique ; elle apporte sensiblement plus du double de calories que les matières sucrées, amylacées ou azotées. En biscuiterie, le pourcentage optimal de gras varie de 10 à 18% du poids de la farine [1]. Dans la fabrication du biscuit, les corps gras accroissent la plasticité pour la pâte dure à faible taux d'hydratation du biscuit, ce qui traduit par une diminution de la consistance, sans qu'il soit besoin d'ajouter de l'eau supplémentaire, qu'il faudrait évaporer par la suite [1]. Aussi, ils coupent le corps de la pâte, c'est-à-dire qu'ils rendent discontinus le réseau du gluten, le rendant plus lâche et donnant au biscuit la friabilité, qui constitue l'une des caractéristiques recherchées du produit fini. Le corps gras est un agent de transmission de chaleur, par l'intermédiaire de son coefficient de conductibilité thermique plus élevé. Il accélère ainsi la cuisson. Il améliore aussi la valeur nutritionnelle du biscuit en lui apportant

des calories supplémentaires. Les qualités exigées des matières grasses sont la plasticité, les propriétés de conservation et d'émulsifiant et la couleur agréable, neutre. [5]

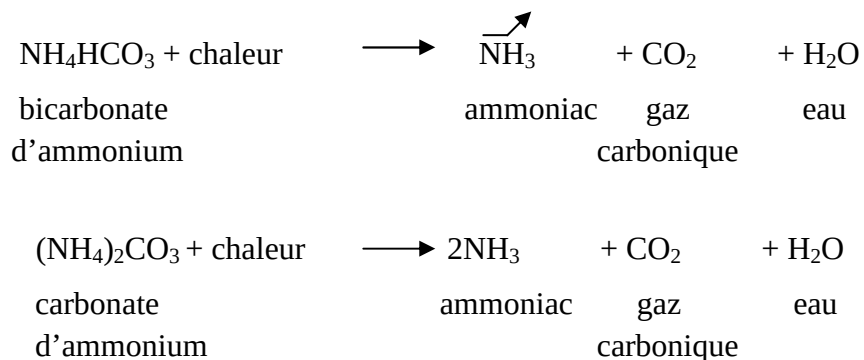
Les matières sucrantes sont dans la plupart du temps des substances hydrocarbonées à faible poids moléculaire, appartenant à la grande famille des sucres, directement assimilables par l'organisme humain. Le sucre est réduit généralement en poudre convenablement fine et régulière à l'aide d'un broyeur. La dose en varie de 16 à 25% du poids de la farine pour les biscuits sucrés, 2 à 5% pour les biscuits salés [1]. Le sucre sert à communiquer son goût sucré particulier en biscuiterie [1].

La croûte des articles cuits acquiert grâce à lui une couleur brune ou dorée très appréciée par la réaction de *Maillard* (combinaison entre sucres réducteurs et groupements aminés de certaines protéines de la farine).



Les substances de levée sont utilisées pour faire lever les pâtes et leur conférer, après cuisson, une structure alvéolaire convenable, plus ou moins développée selon la préparation, la formule et la nature de l'agent levant utilisé [1].

Les œufs sont le plus souvent utilisés dans la fabrication du biscuit pour leur apport nutritionnel mais également pour leurs propriétés fonctionnelles [25]. Les œufs sont constitués de protéines, du fer, des acides gras saturés, de la vitamine B. Il y est utilisé aussi comme substances de levée de poudres levant. Ces poudres ont une forme cristalline, de couleur blanche, légèrement translucide [1]. Les réactions de décomposition des sels libèrent de l'ammoniac gazeux, de l'eau, et du gaz carbonique qui se trouvent retenus par le gluten lors de la cuisson, ce qui fait la levée des pâtes. Les poudres levants sont essentiellement constituées de sels d'ammonium et plus particulièrement de carbonates tels que bicarbonate d'ammonium, carbonate d'ammonium. Elles se décomposent facilement par simple chauffage aux environs de 60 °C :



Comme ingrédients divers, il y a l'eau, les arômes, les colorants et le sel.

L'eau est un élément vital indispensable à la nutrition des être organisés supérieurs que sont les Hommes, de même elle joue un rôle primordial dans la fabrication des biscuiteries de 2 à 15% au maximum, ceci non seulement par son rôle mécanique intermédiaire, mais aussi par ses apports en éléments particuliers, qui peuvent favoriser ou au contraire gêner le travail des pâtes et finalement répercuter leur influence sur les produits finis [1]. En effet, la quantité d'eau à ajouter dépend de l'humidité initiale de la farine, sa capacité d'hydratation et de la consistance recherchée. Le rôle de l'eau est important dans la fabrication du biscuit, à savoir :

- elle fait gonfler le gluten lors de la confection de la pâte en conférant à cette dernière les propriétés recherchées : consistance et plasticité.
- le départ d'une certaine quantité d'eau sous forme de vapeur pendant la cuisson contribue à la levée des pâtons.

Les arômes sont des substances utilisées pour donner du goût et/ou d'odeur aux aliments. La législation communautaire définit différents types d'arômes, tels que les substances aromatiques naturelles, naturelles identiques ou artificielles, préparations aromatisants d'origine végétale ou animale, les arômes de transformation qui augmentent la saveur après chauffage et les arômes de fumée. Les essences aromatiques sont des produits destinés à donner au biscuit une saveur particulière, ce qui le rend plus appétissant. La dose ajoutée dépend du goût recherché, normalement ces produits ne présentent aucun risque pour le consommateur étant donné que leur utilisation est réglementée [1].

Les colorants sont les substances qui ajoutent ou redonnent de la couleur à des denrées alimentaires [1]. Ils permettent de pallier une perte de coloration survenue pendant la production ou due à des variations saisonnières (par exemple le beurre), de colorer des aliments incolores et de renforcer une idée gustative spécifique (comme dans la confiserie, le vert ou le jaune pour le goût citron). Ce sont aussi des améliorants organoleptiques destinés à rehausser la qualité du produit. Comme les arômes, leur utilisation est autorisée par des réglementations.

Le sel améliore la saveur du biscuit en extériorisant au mieux les parfums ajoutés lors de la formulation de la pâte. Par ailleurs, il renforce le gluten de farine faible en immobilisant une certaine quantité d'eau à l'état libre de la pâte. Pour les biscuits sucrés, la dose doit être inférieure à 1% du poids de la farine pour que sa saveur ne soit pas perceptible dans le produit cuit. [1]

Les adjuvants sont utilisés pour l'amélioration de la structure des pâtes, de la cuisson, de la coloration, de la saveur,... [1] (exemple : le lait et de ses dérivés). Ils sont surtout utilisés pour l'amélioration des propriétés physiques de la pâte, de la structure et de la texture de la pâte, de la cuisson, de la coloration, de la dégustation et de la valeur nutritive du biscuit.

II-2- Types d'ingrédients

A partir des enquêtes menées dans différentes biscuiteries artisanales sises aux alentours d'Antananarivo, ces industries utilisent des ingrédients voisins à celui trouvés dans un ouvrage « Techniques moderne de la biscuiterie – pâtisserie - boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime, Tome I ».

Ainsi, l'ingrédient utilisé dans cette étude est tiré de cet ouvrage avec des proportions normatives des composants utilisés en biscuiterie. Les ingrédients avec leurs proportions respectifs en fonction du poids de la farine de blé utilisé sont donnés « dans le tableau n°4 » :

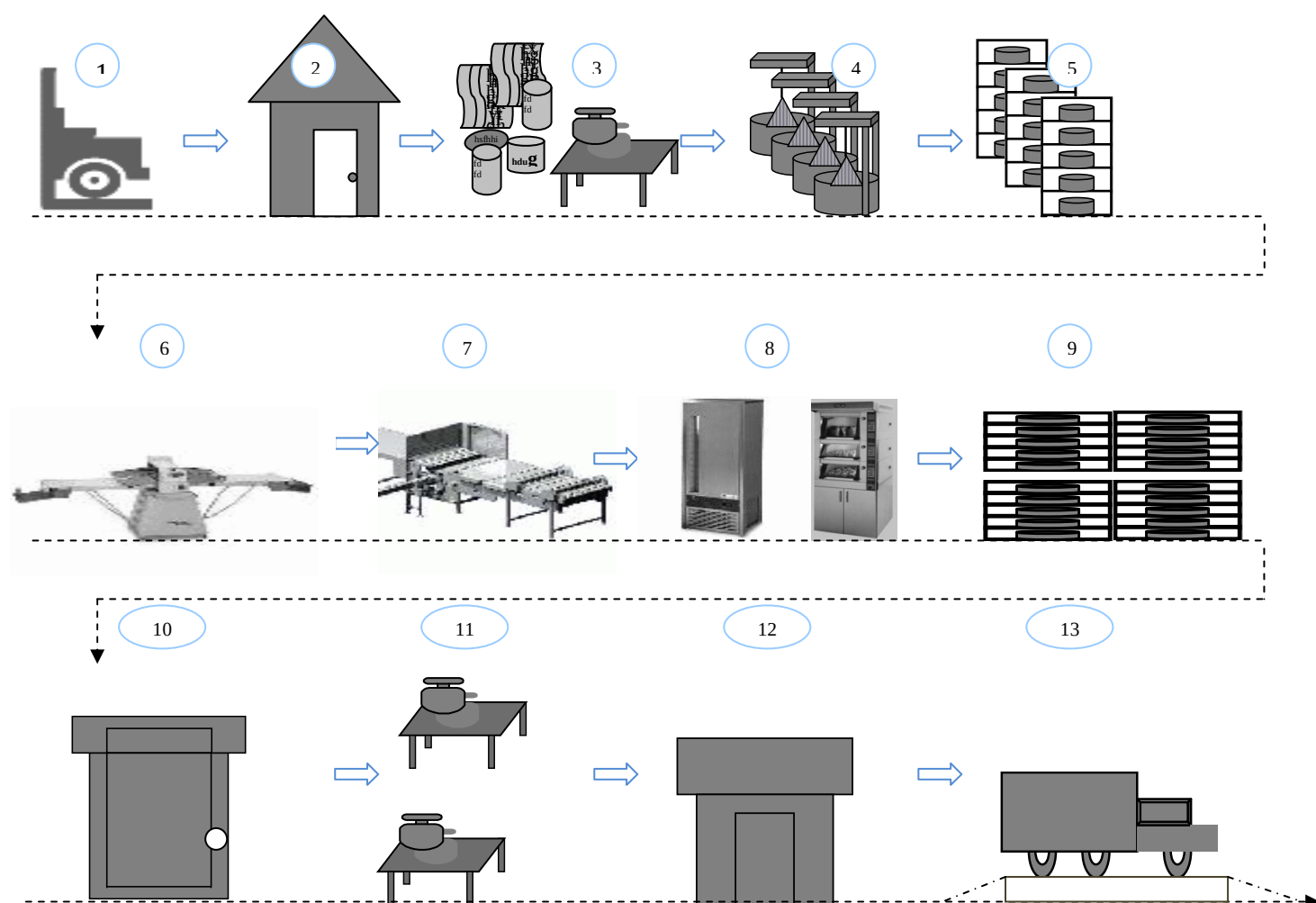
TABLEAU 4 : Ingrédients de biscuits secs tirés dans un ouvrage [1]

Ingrédients	Pourcentage (%) en fonction du poids de la farine utilisé
Corps gras	10 à 18
Sucre broyé	16 à 25 pour biscuits sucrés - 2 à 5 pour biscuits salés
Eau, lait frais	2 à 5% en matière sèche du poids de la farine
Sels, levure, parfum et arôme	
Œufs de poule	

II-3-Processus de fabrication des biscuits

Les étapes de fabrication de biscuits secs à l'échelle industrielle sont représentées par la figure suivante :

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy



- | | | |
|---------------------------------------|--------------------|--|
| 1 : Approvisionnement en MP | 6 : Laminage | 11 : Pesage et mise en carton |
| 2 : Allotissement dans le magasin | 7 : Façonnage | 12 : Stockage des PF |
| 3 : Salle de préparation (pesage,...) | 8 : Cuisson | 13 : Expédition vers le centre de distribution |
| 4 : Pétrissage | 9 : Mise en plaque | ⇒ : Flux de la production |
| 5 : Encuvage des pâtes | 10 : Stockage | |

Figure 2 : Etapes de fabrication de biscuits secs à l'échelle industrielle

Les principaux généraux de fabrication suivent le processus suivant [3]

D'abord, la réception et la préparation des matières premières, auxquels on procède au magasinage et préparation proprement dite de la matière première comme le broyage (l'équipement de transformation nécessaire est un broyeur à marteaux pour le sucre).

Les matières premières (farine, sucre, œuf, beurre, ...) sont sélectionnées et contrôlées rigoureusement. Et puis elles sont stockées dans des conditions (à température ambiante ou réfrigérée) qui permettent de garder les qualités.

Une fois pesée ces matières premières sont introduites dans un ordre rigoureux dans un pétrin pour le mélange des ingrédients. Ces ingrédients sont pétris pendant 5 à 40 minutes environ selon les recettes, puis transférés dans une cuve pour un repos de durée variable.

Ensuite, le façonnage de la pâte, cette dernière est détaillée en portion individuelle selon la forme bien connue des consommateurs, division et mise en forme des pâtes (dressage, laminage, découpage et moulage de pâtes). D'abord, le dressage consiste à déposer une quantité prédéfinie de pâte sur la plaque de cuisson. C'est une technique utilisée fréquemment par des petites et moyennes entreprises de transformation. Ensuite on procède au laminage permettant à l'étalage de la pâte, de l'étirer puis de régler son épaisseur à l'aide d'un rouleau mécanique. La pâte est ensuite découpée en plusieurs pièces. Ce procédé est courant dans les unités de production industrielle.

Enfin, la cuisson en four et le démoulage. Les temps de cuisson varient de 3 à 45 minutes pour les biscuits secs.

« Le tableau n°5 » suivant montre les différences chaleurs de four, bien que celles-ci ne soient pas exactement comparables entre les fours fixes de pâtisserie et les grands fours tunnels de biscuiterie :

TABLEAU 5: Différentes chaleurs de four pour des types de produits [3]

Chaleur du four	Température (°C)	Pour le produit
Très doux	100-120	Méringuages
Doux	120-140	Génoises, articles légers
Moyen	150-160	Pâtes lourdes, petits fours secs
Assez chaud ou « bon four »	170-200	Gâteaux d'amandes, pâtes levées
Chaud	200-220	Feuilletages, brioches, couronnes
Très chaud ou « four vif »	220-250	Petites brioches
Très vif	230-275	Biscuits secs

A la sortie du four, les produits sont ensuite laissés refroidir à l'air ambiant pour éviter la fêlure de ces derniers. En fait, la perte d'eau au cours de ce refroidissement est pratiquement proportionnelle à la diminution de la température jusqu'à 50 °C.

Lorsque les produits finis sont prêts à être livrés dans divers distributeurs, ils passent d'abord à l'ensachage puis misent en carton. Le conditionnement des produits permet de donner à ces derniers une présentation définitive et stable. Généralement, les fonctions initiales de l'emballage et du conditionnement sont basées sur la protection et diminution des pertes comme détérioration et déchets des produits. L'ensachage c'est surtout pour protéger et préserver les produits expédiés contre diverses contaminations atmosphériques jusqu'à sa préparation avant commercialisation et son arrivée aux consommateurs.

II-4- Types de matériels en biscuiterie

Pétrin

Un appareil constitué d'un bâti et d'un système mélangeur composé qui sert à pétrir le mélange des ingrédients, il s'agit de malaxer le mélange jusqu'à la consistance recherchée.

Laminoir

C'est un appareil qui assure le tourage (ou laminage des pâtes), il s'agit de laminer les pâtons jusqu'à l'obtention d'une épaisseur recherchée.

Façonneuse

Cet appareil découpe les pâtons à l'emporte pièce.

Four à étage

C'est un appareil qui supporte jusqu'à 500°C, pour la cuisson des produits.



Figure 3 : Pétrin [27]



Figure 4 : Laminoir [27]



Figure 5 : Façonneuse [27]



Figure 6 : Four électrique à étage [27]

III- Farine de sorgho

III-1-Sorgho

III-1-1-Historique

De l'italien sorgo ou sorgho qui signifie "je pousse", Famille des poacées pousse dans les régions tropicales et méditerranéennes.

Le sorgho existe depuis des millénaires, 3 000 ans avant le riz. On retrouve la culture de cette graminée aussi loin que 900 ans avant Jésus-Christ en Inde. Sa culture est répandue en Syrie et, en Italie. Le sorgho apparaît ailleurs en Europe mais disparaît vers le XV^{ème} Siècle alors qu'en Afrique et en Chine il demeure un aliment de base. [25]

III-1-2-Types de sorgho [25]

Nom scientifique : *Sorghum bicolor* (L.) Moench (synonyme : *Sorghum vulgare* Pers),

Famille : Graminées

Sous-famille : Panicoideae,

Tribu : Andropogoneae

Nom commun : sorgho grain, gros mil (Afrique), millet indien, blé égyptien.

Nom malgache : Apemby

Origine : Tropicale

Le sorgho ou *sorghum vulgare* ou *sorghum bicolor* est encore appelé gros mil, c'est la céréale la plus cultivée au monde après le blé et le riz. Il est certainement originaire d'Afrique et appartient à la famille des graminées.

Il existe plusieurs sortes de sorgho correspondant à différents usages:

- le sorgho fourrager (*S. vulgare*, *S. bicolor* (L)) qui est une plante vivace coupée sur pied pour l'alimentation animale,
- le sorgho-grain : plante annuelle dont on cultive de nombreuses variétés et surtout des hybrides plus résistants et plus productifs adaptés à l'alimentation animale ou humaine. On le différencie car il est de plus petite taille et sa panicule est plus compacte. Il est semé au printemps et la récolte se fait lorsque le grain est encore humide ; il doit rapidement être séché,
- le sorgho sucrier dont la taille peut dépasser 5 m,
- le sorgho à papier,
- le sorgho à balais.

Des prospections de matériel végétal ont permis de répartir les formes cultivées à Madagascar en quatre groupes : *Apemba-be*, le plus important comprenant les types *Bevolo*, le plus cultivé et les cinq autres plus rares, *Sea-sea*, très précoce, *Jego*, très tardif et *Mandinimaty*, tardif et résistant à la sécheresse.

III-1-3-Caractéristiques du grain de sorgho [25]

♦Description : le grain se compose de 3 parties principales :

Le péricarpe ou enveloppe est la pellicule cellulosique qui protège le grain pendant sa formation dans l'épi, au cours de sa conservation et aussi pendant la levée, dans le sol, en limitant l'entrée des moisissures et des bactéries. Toutefois le péricarpe n'est pas étanche et permet le passage de l'air et de l'eau.

L'endosperme ou amande constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon. On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination.

Le germe ou embryon comprend 2 parties: la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain dans le cas des céréales.

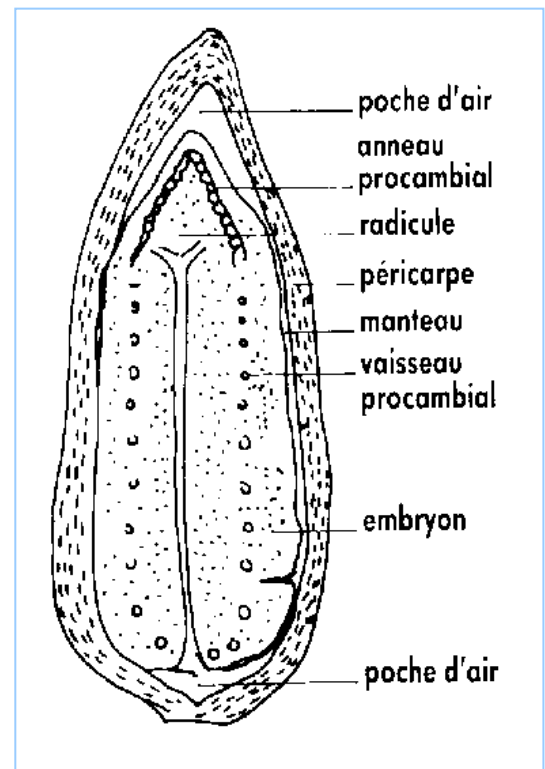


Figure 7: Coupe de grain de sorgho [25]

♦ Composition : les grains de sorgho sont caractérisés essentiellement par une teneur non négligeable en protéine (7%), lipides (2%), minéraux et vitamines (sauf A), ainsi que des fibres.

III-2- Processus de fabrication de farine de sorgho à l'échelle artisanale

La farine de sorgho est un produit obtenu à partir des grains de sorgho par un procédé de mouture industrielle au cours duquel le tégument est éliminé, une grande partie du germe est retirée et l'endosperme est broyé en poudre suffisamment fine. [25]

III-2-1- Diagramme de fabrication de farine de Sorgho

Le sorgho doit être soigneusement décortiqué et les sons dont la présence se traduit par une couleur et une mauvaise texturation de la pâte doivent être éliminés [22]. Voici donc le diagramme de fabrication de farine de sorgho à l'échelle artisanale.

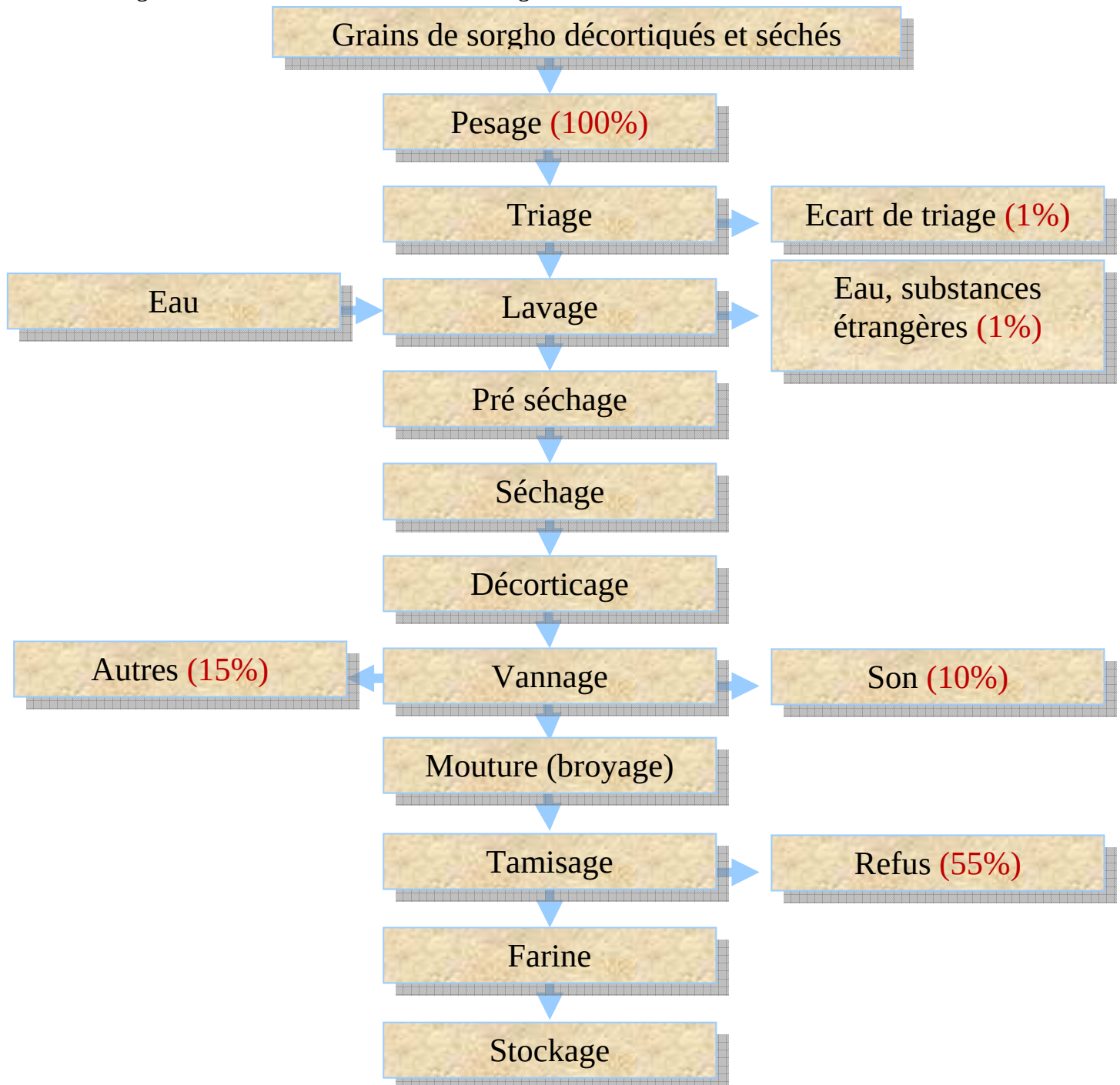


Figure 8: Diagramme de fabrication de farine de sorgho [22]

III-2-2- Les étapes de fabrication de farine de sorgho

♦ Réception de la matière première

A la réception des matières premières, les sorghos sont déjà en grains et séchés en entier. De ce fait, un contrôle de qualité est effectué à la réception pour garantir la matière première, comme par exemple le contrôle de l'humidité de cette dernière. Les détails de la norme Codex pour la farine de sorgho sont donnés dans l'annexe III.

♦ Pesage

A la réception des grains de sorgho, ils sont directement pesés après le déchargement et envoyés directement dans une trémie fixe. Ensuite un élévateur amène les grains dans un silo cylindrique.

♦ Triage

A la sortie du silo, les grains de sorgho passent par un convoyeur à tamis vibrant de maille 118µm qui sert au triage (séparateur et enlèvement des impuretés des grains. Le triage consiste à éliminer les grains déformés, brisés de couleur différents et de maturité différente des autres. Cette étape est réalisée mécaniquement par cet appareil.

♦ Lavage

Le lavage consiste à faire passer les grains triés dans l'eau de lavage pour éliminer les impuretés.

♦ Pré-séchage/ séchage

Le séchage des grains se fait à l'air chaud.

♦ Décorticage et vannage

Contrairement à l'opération traditionnelle (pilon par voie sec), ils ont été réalisés par une machine décortiqueuse.

♦ Vannage

Le produit sorti de la décortiqueuse sera vanné par un autre convoyeur à tamis vibrants, la perte est évaluée à 25%.

♦ Broyage

Cette étape est réalisée avec un broyeur électrique.

♦ Tamisage

Le broya sera ensuite envoyé dans un *planchister* (tamisage). Cet appareil comporte des tamis de mailles très petites. La perte de ce tamisage est évaluée seulement à 2%.

Cette opération consiste à avoir des farines de granulométrie intéressant apprécié et utile pour les consommateurs.

NB : Le meunier est obligé de contrôler souvent en cours de fabrication la finesse de sa farine

♦ Pesage

Le pesage se fait sur une balance électrique, puis le produit est déversé directement dans un silo de stockage avant de les conditionner. Cette étape (pesage) consiste donc au calcul du bilan c'est à dire du rendement de production.

♦ Conditionnement, étiquetage, mise en carton

L'emballage et conditionnement constituent la principale image d'un produit. Sur ce, la farine de sorgho doit être présentable pour attirer les clients et les consommateurs.

♦ Stockage

Après le conditionnement et de l'emballage, les produits finis sont envoyés dans la chambre de stockage conditionné avant de les distribuer.

NB : Les sons (sous-produits) servent comme aliment pour le bétail

♦ Contrôle qualité

Pour une meilleure productivité, il est important de contrôler en permanence la qualité des produits. Sur cela, des tests d'humidité, température, poids spécifiques, taux de cendre, test de l'activité fermentative, sont faits suivant les normes du *codex alimentarius* (cf. annexe III).

III-3-Composition physico-chimique de la farine de sorgho

Les compositions en nutriment, en teneur en tanins et en sels minéraux de la farine de sorgho sont données « dans le tableau n°6 » :

TABLEAU 6 : Composants de la farine de sorgho [23]

Composants	Farine de sorgho	Composants (mg %)	Farine de sorgho
H (%)	15 max	Na	21
Pr pour 100g de MF (%)	8,5 min	K	458
MG pour 100g de MF (%)	2,2 à 4,7	Ca	18
Fibre brute pour 100g de MF (%)	1,8 max	P	396
CB pour 100g de MF (%)	0,9 à 1,5	Mg	54
Hc (%)	75,5	Fe	5,0
Tanins (%)	0,3 max	Zn	3,3
G (%)	75,5	Cu	0,8
		Mn	3,5

H : Hydrogène

Pr : Protéine

MG : Matière Grasse

MF : Matière Fraîche

Na : Sodium

K : Potassium

Ca : Calcium

P : Phosphore

Mg : Magnésium

CB : Cendres Brutes

Hc : Hydrates de carbone

G : Glucide

mg % : milligramme pourcent

Fe : Fer

Zn : Zinc

Cu : Cuivre

Mn : Manganèse

Conclusion partielle I

Un biscuit sec est un aliment de base de farine alimentaire, de matières sucrantes, de matières grasses, d'œufs et de tous autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés, susceptibles, après cuisson, de conserver ses qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (pâtisserie industrielle).

Le processus de fabrication du biscuit commence toujours par la préparation des ingrédients à laquelle les matières premières se sont sélectionnées et contrôlées rigoureusement. Après la préparation, les ingrédients sont pétris pendant 5 à 40 minutes, puis laminés et façonnés suivant différentes formes. Le processus de fabrication de biscuit sec se termine par une cuisson pendant 3 à 35 minutes à un intervalle de température de 230 à 275°C.

Les essais de fabrication et l'étude de développement de biscuit sec à base de farine de sorgho vont être considérés en deuxième partie pour tenir compte de l'incorporation de farine de sorgho dans les ingrédients.

PARTIE II

Essais technologiques de fabrication
et
étude de développement
des biscuits secs à base
de farine de sorgho

Cette deuxième partie englobe les essais notamment technologiques de fabrication de biscuits secs à base de farine de sorgho (les matières premières et leurs caractéristiques, les différents procédés de fabrication ainsi que les matériels et équipements) accompagnés par des études sur le développement de chaque produit.

I- Caractéristiques des matières premières

I-1- Caractérisation

En réceptionnant une farine, pour juger de ses qualités il convient de procéder à une série d'essais analytiques.

I-1-1- Farine de sorgho

Trois variétés de sorgho, à savoir : l'IRAT 204, le ZSV 15 et le KYUMA du Moyen Ouest de Madagascar (Région Analavory) ont été choisies pour effectuer cette opération. Les résultats des essais analytiques sur des échantillons de farine de sorgho ont donné les caractères organoleptiques et physico-chimiques réalisés en 2008 [7].

Des analyses ont permis une appréciation subjective des caractères organoleptiques d'un échantillon de farine de sorgho IRAT 204 avec les résultats suivants : une odeur plus forte, une saveur accentuée de son par rapport à la farine de blé. Au toucher fleurant, la farine de sorgho est douce et onctueuse. Cette appréciation au toucher est obtenue avec une farine fine tamisée.

Par la suite, des analyses sur les composants physico-chimiques et nutritionnels de la farine de ces trois variétés de sorgho ont permis de recueillir ce qui suit (cf. tableau n°7):

TABLEAU 7 : Composants de la farine de 3 variétés de sorgho [7]

Farine Composants	IRAT 204	ZSV 15	KYUMA
H (%)	8,56	8,88	11,98
P pour 100g de MF (%)	11,79	12,11	8,73
MG pour 100g de MF (%)	1,88	1,23	1,77
Fibre brute pour 100g de MF (%)	2,08	2,58	2,33
CB pour 100g de MF (%)	0,42	0,34	0,34
G (%)	77,35	77,42	77,24
Na (mg %)	66	26	62,5
K (mg %)	445	53,5	289
Ca (mg %)	11,4	36	89
Mg (mg %)	50,5	10	14,5
Fe (mg %)	3,3	5,6	4,3
Zn (mg %)	5,15	4	7,45
Cu (mg %)	0,35	1,7	0,55
Mn (mg %)	0,35	0,7	0,2

H : Humidité

P : Protéine

MG : Matière Grasse

Na : Sodium

K : Potassium

Ca : Calcium

Mg : Magnésium

CB : Cendres Brutes

G : Glucide

mg % : milligramme pourcent

Fe : Fer

Zn : Zinc

Cu : Cuivre

Mn : Manganèse

Le tableau n°6 renferme les compositions physico-chimiques de référence relative à la farine de sorgho pour servir à interpréter ce tableau n°7.

Les taux de l'humidité sont de 8,56% pour l'IRAT 204, 8,88% pour la variété ZSV 15 et 11,98% pour le KYUMA, par rapport au tableau de référence n°6, ces taux sont compris dans la norme c'est-à-dire ils sont tous inférieurs à 15%.

Pour les protéines totales (8,5% minimum dans le tableau n°6), elles suivent aussi la norme avec une plage de 8,73 à 12,11%.

Concernant les glucides totaux, les résultats de l'analyse des 3 variétés se trouvent respectivement rapprochés de la plage des données sur le tableau n°6 aux environs de 75,5%, à savoir : 77,35%, 77,42% et 77,24%.

Par contre, le taux de la matière grasse et le taux en cendres brutes affichent des données inférieures à celles du tableau n°6 (2,2 à 4,7% pour la matière grasse et 0,9 à 1,5% pour les cendres brutes). Quant aux matières grasses, elles donnent 1,88% pour l'IRAT 204, 1,23% pour la variété ZSV 15 et 1,77% pour le KYUMA. . Leurs taux respectifs en cendres brutes indiquent 0,42% - 0,34% - 0,34% pour les trois variétés.

Les taux élevés en fibres brutes par rapport aux données du tableau n°6 (1,8maximum) donnent les résultats d'analyse ci-après : 2,08% pour l'IRAT 204, 2,58% pour la variété ZSV 15 et 2,33% pour le KYUMA.

Tandis que les compositions en sels minéraux pour la farine de ces trois variétés de sorgho, sont de 26 à 66% pour le Na, de 11,4 à 89% pour le Ca et de 4 à 7,45% pour le Zn. Ces taux sont supérieurs à ceux des sels minéraux figurant sur le tableau n° 6 (21 pour le Na, 18 pour le Ca et 3,3 pour le Zn). Par contre, leurs taux en K, Mn, Mg, Fe et Cu s'avèrent inférieurs à ces données de référence (458 pour K, 3,5 pour Mn, 54 pour Mg, 5,0 pour Fe et 0,8 pour le Cu).

I-1-2- Farine du blé

La farine de blé utilisée est celle produite par la minoterie KOBAMA type 55 avec une humidité de 16% et une granulométrie de 118 µm.

I-1-3- Sucre

Le sucre de canne employé dispose des caractères communs au sucre d'épicer.

I-1-4- Œufs

Les œufs sont pris pour fabriquer ce produit pour leur apport nutritionnel, mais également pour leurs propriétés fonctionnelles. Il s'agit d'œufs de poule achetés localement au marché.

I-1-5-Substance de levée

Le carbonate d'ammonium ou carbonate acide d'ammonium a été choisi, ce produit sous forme de poudre blanche peut s'agglomérer en masse compacte à cause de la reprise d'humidité.

I-1-6- Arôme

L'arôme de vanille a été employé pour l'amélioration de la saveur des biscuits.

II- Etude pratique de fabrication des biscuits artisanaux

La réalisation d'une étude pratique de fabrication des biscuits secs ou biscuits sablés artisanaux est donnée dans la rubrique qui suit.

II-1- Manipulation

La matière première de base du biscuit étudié est un mélange de deux farines, à savoir : la farine du blé et celle du sorgho. Il est possible de s'en procurer chez les épiciers, quant à la farine de sorgho, son obtention s'opère par les processus suivants :

II-1-1- Processus de fabrication de farine de sorgho

Les étapes de fabrication de farine de sorgho à l'échelle du laboratoire sont représentées par le diagramme suivant :

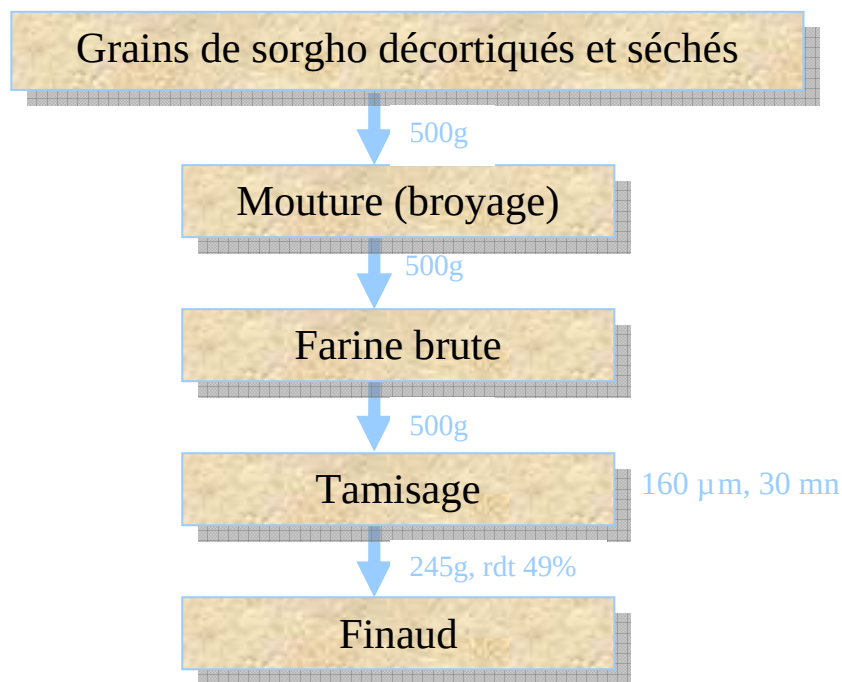


Figure 9: Diagramme de fabrication de farine de sorgho à l'échelle du laboratoire

Pour stabiliser la structure des produits cuits dérivés, il a fallu déterminer la granulométrie des farines (c'est-à-dire la grosseur des particules diverses qui les composent et leur proportion respective) par le tamisage de ces dernières de manière à éliminer les impuretés.

Tamisé 500 g de farine de sorgho à l'aide d'un tamis, en cadré de métal généralement arrondi tendu par un tissu de blutage à maille fines de 160 μm et de 20 cm de diamètre. Pendant 30 minutes de tamisage manuel par agitation circulaire. Il a pu être obtenu une série de refus de 255 g sur le tamis et des finauds (poudres fines) de 245 g en dessous.

Remarque : En réalisant le mélange de farine dans la formule de biscuiterie, il convient dans toute la mesure du possible que sa finesse soit au moins égale à celle de la farine de blé utilisée.

La dimension de la farine commerciale est comprise entre $0,1 \text{ mm} < D_f < 0,3 \text{ mm}$, c'est pour cette raison qu'il a fallu choisir la farine passée sous le tamis à maille de $160 \mu\text{m}$ ou $0,160 \text{ mm}$ d'ouverture.

C'est une opération reproductible et assez longue à partir de laquelle il a pu être produit 49% de farine fine obtenue, qualité permettant d'absorber l'eau plus vite, de même que cette dernière est plus active et plus rapide pour la fermentation (cf. partie expérimentale 1: mode opératoire du tamisage).

II-1-2-Matériels et caractéristiques

Balance mécanique

C'est un appareil pour peser la quantité des matières premières utilisées.

Broyeur électrique

Cet appareil sert à écraser les grains (réduire en poudre), il s'agit de broyer les grains de sorgho jusqu'à obtention de broyat qui sera ensuite tamisé.

Tamis

Un appareil employé pour tamiser les broyats afin d'obtenir les farines fines passées par la maille de $160 \mu\text{m}$ soit $0,160 \text{ mm}$. C'est un tamis inox de marque PROLABO Paris AFNOR.



Figure 10 : Broyeur électrique
(Cliché : Auteur, 15/12/08)



Figure 11 : Tamis
(Cliché : Auteur, 15/12/08)

II-2- Essai de fabrication

II-2-1- Matières premières

La recette de base de cette expérience est courante, pratiquée par une industrie de biscuiterie artisanale sise à Antananarivo. Les matières premières ou ingrédients utilisés lors des essais de fabrication des biscuits sablés sucrés sont décrites « dans le tableau n°8 »:

TABLEAU 8: Ingrédients utilisés pour la fabrication du biscuit

Désignation	Pourcentage par rapport au poids de la farine (%)
Farine : mélange de farine de blé et de farine de sorgho	100
corps gras	10 à 18
sucre	16 à 25
eau, lait frais	2 à 5
sels, levure, parfum	1
œuf	1 œuf pour 500g de farine

II-2-2-Matériels et caractéristiques

Balance automatique

La balance automatique utilisée est un appareil à un seul plateau de capacité de 3 000 g, dont le fléau commande une aiguille qui indique sur un cadran le poids.

Verre à mesurer

Pour mesurer les ingrédients tels que la farine, le sucre et le fluide utilisé, il a été employé un récipient gradué dont la capacité varie selon la matière à considérer : 1 200 g pour la farine ; 1 000 g pour le sucre et 1 200ml pour l'huile.

Laminoir

Le laminoir est un appareil pour assurer le tourage (ou laminage des pâtes), il s'agit de laminer les pâtons jusqu'à l'obtention d'une épaisseur recherchée.

Matériel de découpage

Le matériel utilisé pour le découpage à l'emporte pièce des pâtes est un moule en inox de forme cylindrique ayant un diamètre de 3,8 cm et d'une hauteur de 6 cm.

Four

Le four est un appareil supportant jusqu'à 500 °C pour la cuisson des produits. Pour opérer, en biscuiterie la préparation s'effectue en général à 230 °C.

II-2-3- Essai de fabrication de biscuit sec (substitution partielle de farine de blé par de farine de sorgho à l'échelle de laboratoire)

Ci-après le diagramme de fabrication du biscuit à base de sorgho à l'échelle artisanale.



Figure 12: Diagramme de fabrication du biscuit à base de sorgho

II-2-4- Etude du procédé de fabrication du biscuit

II-2-4-1- Matériels et méthodes

Mélange des ingrédients et pétrissage

En biscuiterie artisanale, le pétrissage peut être réalisé manuellement par l'utilisation d'une grande cuve et d'un bâton de mélange. Après avoir pesé les ingrédients, il est procédé au mélange de ces derniers dans la cuve du pétrin, selon l'ordre chronologique suivant.

D'abord, introduire les œufs et l'eau (2% du poids de la farine) dans la cuve du pétrin pendant 5 minutes. Ensuite, verser dans le mélange du sucre (40% du poids de la farine) accompagné d'autres ingrédients (sel 1%, du bicarbonate d'ammonium 1% et quelques gouttes d'arôme de

vanille). Quand l'ensemble est bien mélangé, ajouter ensuite la matière grasse, c'est-à-dire l'huile végétale de 10% le poids de la farine.

Enfin, la farine composée de farine de blé et de sorgho est ajoutée au mélange pendant quelques minutes au pétrin. Inchangé, le pourcentage pour les autres ingrédients a été maintenu sauf pour la farine de blé. Cette dernière a été substituée par la farine de sorgho en suivant les différents dosages de 0% à 100%. Le but du pétrissage vise à mélanger les nombreux constituants de différentes natures pour les rendre en une pâte homogène, sa durée peut atteindre environ 35 minutes.

Laminage et façonnage de la pâte

Après pétrissage en continu, la pâte passera sur la table de laminage. L'opération consiste à transformer la masse de pâte en une bande continue d'épaisseur régulière qui est par la suite découpée ou façonnée par bande de pâtes calibrées en une série de morceaux de pâte. Il est ensuite procédé au pesage des pâtons pour mesurer la perte en poids du biscuit à la sortie du four.

Cuisson

La cuisson, opération très importante, peut influencer l'aspect définitif des biscuits obtenus. Sa durée varie considérablement en raison des différences des pâtons, aux alentours de 25 minutes à 230 °C. Le principe consiste à transformer le mélange à l'état pâteux ou pâton en produit cuit à structure alvéolaire fine, agréable à déguster et facile à digérer [23]. Ces étapes de la cuisson sont représentées par les stades suivants:

- ♦ Le gonflement des pâtons, c'est une étape due à la dilatation du gaz carbonique provenant des substances de levée et au départ de l'eau sous forme de vapeur.

Les réactions responsables sont déclenchées par la chaleur dès l'entrée au four, la température passe de l'ordre de 170 °C à 190 °C [8]. Ce gonflement atteint son maximum avant que le réseau glutineux, squelette du biscuit, ne durcisse.

- ♦ Le dégagement de gaz carbonique diminue progressivement d'intensité, par conséquent, les pâtons à structure glutineuse non encore fixée, baisse de volume. C'est la retombée qui confère aux biscuits leur épaisseur finale.

- ♦ Après la retombée, les biscuits entrent dans la zone de température maximum (210 à 220 °C), fixant la structure du biscuit par coagulation des protéines et solidification plus ou moins complète de l'amidon, dont la croûte est déjà formée. Cette dernière revêt son aspect final grâce à la réaction de *Maillard* qui lui confère sa coloration brune.

Refroidissement et conditionnement

A la sortie du four, les biscuits sont laissés à l'air libre pour éviter leur fêles : au début du refroidissement, le centre du biscuit est plus humide que la croûte. L'excès d'humidité au centre va, par conséquent, se déplacer progressivement vers la croûte jusqu'à ce que le biscuit entier soit dans un état d'humidité uniforme. Cette étape consiste à assurer la conservation à long terme du biscuit [9].

Remarque : dans cette étude, le taux de substitution de la farine de blé par de la farine de sorgho va de 25 à 100%, les conditions de préparation de la pâte restent toujours identiques pour chaque essai. Ces proportions sont choisies à partir des recherches déjà existantes recommandant que l'incorporation en farine composite ne doive pas être inférieure à 25% pour les produits pâtisseries [11].

Pour les différentes préparations, des noms ont été choisis pour les biscuits secs conçus afin de faciliter l'étude :

Le biscuit sec dénommé 'bA' est constitué de 100% de farine de blé et de 0% de farine de sorgho. A mentionner qu'il servira comme biscuit de référence.

Le biscuit sec 'bB' contient 25% de farine de sorgho et 75% de farine de blé.

Le biscuit sec 'bC' : 50% de farine de sorgho et 50% de farine de blé.

Le biscuit sec 'bD' : 75% de farine de sorgho et 25% de farine de blé.

Le biscuit sec 'bE' : 100% de farine de sorgho et 0% de farine de blé.

Les figures des matériels et équipements dans la fabrication des biscuits secs à base de sorgho sont représentées ci - dessous :



Figure 13 : Balance automatique
(Cliché : Auteur, 2009)

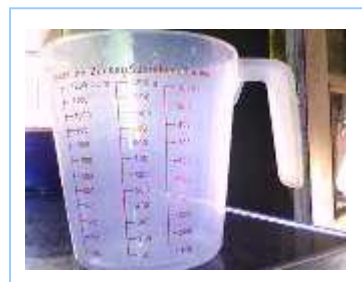


Figure 14 : Verre à mesurer
(Cliché : Auteur, 2009)

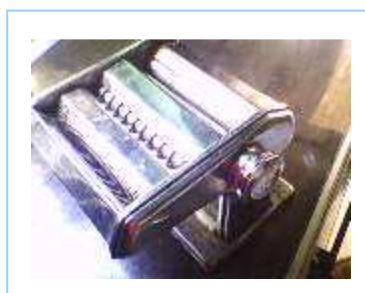


Figure 15 : Laminoir
(Cliché : Auteur, 27/08/09)



Figure 16 : Moule
(Cliché : Auteur, 2009)



Figure 17 : Four électrique (Cliché : Auteur, 2009)

II-2-4-2- Dosage en composition

Ce paragraphe énumère les différents ingrédients tels qu'ils correspondent à chaque taux respectif de farine de sorgho incorporée dans la préparation des mélanges donnée « dans le tableau n°9 »:

TABLEAU 9: Formulation de biscuits secs utilisés pour chaque type de produit

Produit Ingrédients	bA [pourcentage en poids de la farine (%)]	bB [pourcentage en poids de la farine (%)]	bC [pourcentage en poids de la farine (%)]	bD [pourcentage en poids de la farine (%)]	bE [pourcentage en poids de la farine (%)]
Farine de sorgho	0	25	50	75	100
Farine du blé	100	75	50	25	0
Sucres	40	40	40	40	40
Huiles	10	10	10	10	10
Eau	2	2	2	2	2
Sel	1	1	1	1	1
Levure	1	1	1	1	1
Bicarbonate de soude	1	1	1	1	1

NB : Il a été utilisé 1 œuf pour 500 g de farine dans toutes les préparations. L'addition de la levure et du bicarbonate de soude à la pâte permet d'obtenir un effet de dégagement important en CO₂ pour favoriser l'augmentation en volume des biscuits secs.

II-3- Etude de développement des différents produits

II-3-1- Matériels et méthodes

Une moule cylindrique pour fabrication de biscuit sec a été utilisée, matériel qui a permis de mesurer l'influence de changement du taux de farine de sorgho incorporée sur le développement du biscuit sec.

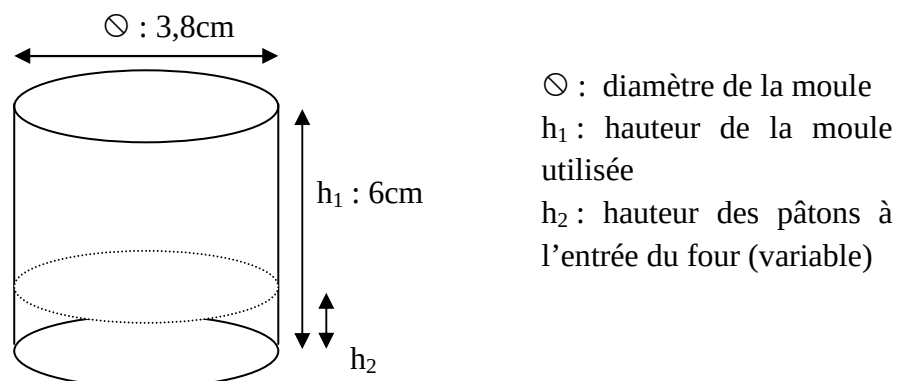


Figure 18: Moule utilisée avec ses dimensions

Le calcul de développement du produit est important en biscuiterie, car plus ce dernier est léger et bien aéré, plus son développement sera élevé et plus les conditions commerciales seront volumineuses pour un faible poids. Le développement D (ou degré de levée) d'un produit est le rapport exprimé par un volume chiffré simple, de son volume V à son poids p, soit l'inverse de la densité d. [3]

$$D = V / p$$

V en cm³
p en g

Pour la biscuiterie sèche courante, le développement D doit satisfaire à la condition suivante :

$$2 \leq D \leq 4$$

La mesure du diamètre et de l'épaisseur des produits s'effectue avec un pied à coulisse.

La mesure des poids des pâtons et des biscuits est réalisée avec une balance de précision de 0,0001g de marque *Sartorius analytic*.

II-4- Résultats

II-4-1-Résultats des essais de fabrication de biscuits secs

Suivant les processus de fabrication de biscuits secs développés dans le paragraphe II-2-4-1, les résultats de ces essais tenant compte des différents taux d'incorporation de farine de sorgho sont représentés par les figures suivantes :



Figure 19: Figure des différents types de biscuits secs en fonction du taux de farine de sorgho incorporée (Cliché : Auteur, 15/11/09)

II-4-2-Résultats des développements des produits

Les données de la mesure de développement sont recueillies dans la partie expérimentale 2 : Mesure du développement.

Résultats du produit bA (100% de farine de blé et 0% de farine de sorgho)

Les valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bA' sont reprises « dans le tableau n°10 » :

TABLEAU 10 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bA'

Désignation	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)	Variation en poids (%)	Volume à l'entrée du four (cm ³)	Volume à la sortie du four (cm ³)	Variation en volume (%)
Produit 'bA'	6,222	4,509	72,45	3,40	6,80	200

D'après ce tableau n°10, la moyenne du poids d'un biscuit sec 'bA' est évaluée à 6,222 g et, à la sortie du four il pèse 4,509 g cela veut dire qu'au cours de la cuisson, il est constaté une diminution en poids de 72,45 %.

Le tableau n°10 montre qu'à 0% de farine de sorgho la moyenne de son volume à l'entrée du four est évaluée à 3,40 cm³ et à la sortie du four, il donne 6,80 cm³, donc au cours de la cuisson une variation de volume de 200 % a été obtenue, c'est-à-dire une augmentation doublée en volume.

Résultats du produit bB (75% de farine de blé et 25% de farine de sorgho)

Les valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bB' sont reportées « dans le tableau n°11 » ci-dessous:

TABLEAU 11 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bB'

Désignation	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)	Variation en poids (%)	Volume à l'entrée du four (cm ³)	Volume à la sortie du four (cm ³)	Variation en volume (%)
Produit 'bB'	5,479	3,94	71,93	3,40	6,47	190,29

Le tableau n°11 montre la moyenne du poids des biscuits à 25% de sorgho évaluée à 5,479 g et à la sortie du four, ce poids devient 3,94 g, donc pendant la cuisson, il a été enregistré une diminution en poids de 71,93%. Ainsi, le rendement en poids de la cuisson donne 28,07%.

D'après ce tableau n°11, la moyenne du volume des biscuits à 25% de sorgho à l'entrée du four correspond à 3,40 cm³, et à la sortie du four, ce volume devient 6,47 cm³, ainsi au cours de la cuisson, il a été déterminé une augmentation en volume de 190,29 %.

Résultats du produit bC (50% de farine de blé et 50% de farine de sorgho)

Les valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bC' sont indiquées « dans le tableau n°12 » ci-après:

TABLEAU 12 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bC'

Désignation	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)	Variation en poids (%)	Volume à l'entrée du four (cm ³)	Volume à la sortie du four (cm ³)	Variation en volume (%)
Produit 'bC'	4,308	3,872	89,98	3,40	7,25	213,24

Le tableau n°12 informe que la moyenne du poids des biscuits à 50% de sorgho est évaluée à 4,308g et à la sortie du four elle est de 3,872g, donc au cours de la cuisson, une diminution de poids de 89,98 % a été enregistrée.

Il est noté que la moyenne du volume des biscuits secs 'bC' à l'entrée du four mesure 3,40 cm³ et à la sortie du four, elle devient 7,25 cm³; ainsi au cours de la cuisson il a été obtenu une augmentation en volume de 213,24 %.

Résultats du produit bD (75% de farine de blé et 25% de farine de sorgho)

Les valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bD' sont affichées « dans le tableau n°13 » :

TABLEAU 13 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bD'

Désignation	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)	Variation en poids (%)	Volume à l'entrée du four (cm ³)	Volume à la sortie du four (cm ³)	Variation en volume (%)
Produit 'bD'	4,456	4,092	91,83	3,40	5,50	161,76

Ainsi, la moyenne du poids du biscuit à 75% de sorgho est évaluée à 4,456g et à la sortie du four, elle pèse 4,092 g, donc au cours de la cuisson une diminution en poids de 91,83 % a été observée.

D'après ce tableau n°13, la moyenne du volume des biscuits 'bD' à l'entrée du four est évaluée à 3,40 cm³ et à sa sortie du four il mesure 5,50 cm³, ainsi au cours de la cuisson une augmentation de volume de 161,76% a été obtenue.

Résultats du produit bE (100% de farine sorgho de et 0% de farine de blé)

Les valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bE' sont reprises « dans le tableau n°14 » ci-dessous:

TABLEAU 14 : Valeurs moyennes de variation en poids et en volume des pâtons à l'entrée et à la sortie du four du biscuit sec 'bE'

Désignation	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)	Variation en poids (%)	Volume à l'entrée du four (cm ³)	Volume à la sortie du four (cm ³)	Variation en volume (%)
Produit 'bE'	5,441	3,671	67,47	3,40	4,81	141,47

Ce tableau n°14 illustre que la moyenne du poids des biscuits à 100% de sorgho est évaluée à 5,441 g et à sa sortie du four, elle pèse 3,671 g, cela veut dire qu'au cours de la cuisson une diminution en poids de 67,47 % s'est produite.

D'après ce tableau n°14, la moyenne du volume des biscuits à 100% de sorgho à l'entrée du four est évaluée à 3,40cm³ et à sa sortie du four, elle devient 4,81 cm³, il a été constaté au cours de la cuisson une augmentation de volume de 141,47%.

II-5-Interprétations des résultats du développement du produit fini en fonction du taux de farine de sorgho incorporée

« Le tableau n°15 » ci-après illustre les différences en poids et en volume des divers dosages après la cuisson. Les pertes en poids sont calculées à partir des poids réels de chaque produit à l'entrée du four, considérés comme poids à 100%, de même pour les gains en volume.

TABLEAU 15 : Tableau récapitulatif du développement des biscuits secs suivant le taux d'incorporation de farine de sorgho avec les différences de poids et celles de volume respectives

Farines incorporées	Variation en poids notée X (%)	Perte en poids (100-X) (%)	Perte en poids p (g)	Variation en volume notée Y (%)	Gain en volume (100-Y) (%)	Gain en volume V (cm ³)
bA (100% de farine de blé, 0% de farine de sorgho)	72	28	1,71	200,00	100	3,40
bB (75% de farine de blé, 25% de farine de sorgho)	71,93	28,07	1,54	190,29	90,29	3,07
bC (50% de farine de blé, 50% de farine de sorgho)	89,98	10,02	0,44	213,24	113,24	2,85
bD (25% de farine de blé, 75% de farine de sorgho)	91,83	8,17	0,36	161,76	61,76	2,10
bE (100% de farine de sorgho, 0% de farine de blé)	67,47	32,53	0,17	141,47	41,47	1,41

Il a été constaté sur ce précédent tableau n°15 que les rapports en volume de chaque type de biscuits sont tous supérieurs à 100%. Par contre, les rapports en poids des biscuits sont tous inférieurs à 100%. Le produit bE donne en poids le plus grand par rapport aux autres avec une perte en poids de 32,53% ; viennent ensuite les deux produits bA et bB avec 28% de perte, et puis le produit bC à 10,02% de perte en poids. C'est le produit bD qui a enregistré la plus petite perte en poids lors de la cuisson, à raison de 8,17%. Concernant le volume des biscuits, il a été remarqué que le produit bC s'est le plus développé au cours de la cuisson en volume à raison d'un gain de 113,24%, ensuite le produit bA avec 100% d'augmentation.

Et puis après, les produits bB, bC et enfin bE. Il a été observé une augmentation en volume de chaque produit, car le rendement est supérieur allant de 13,23 à 113,47%.

Le développement D de chaque produit de biscuit sec à base de farine de sorgho est calculé en appliquant la formule prévue au paragraphe II-3-1-, tel que le tableau suivant l'illustre :

TABLEAU 16 : Développement D en fonction du taux de farine de sorgho incorporée

Farines incorporées	Gain en volume V (cm³)	Perte en poids p (g)	Développement D : V / p
bA (100% de farine de blé, 0% de farine de sorgho)	3,40	1,71	1,99
bB (75% de farine de blé, 25% de farine de sorgho)	3,07	1,54	2
bC (50% de farine de blé, 50% de farine de sorgho)	2,85	0,44	6,48
bD (25% de farine de blé, 75% de farine de sorgho)	2,10	0,36	5,83
bE (100% de farine de sorgho, 0% de farine de blé)	1,41	0,17	8,29

Ensuite ces résultats sont représentés sous forme de graphique pour mieux apprécier les variations du développement des biscuits secs en fonction du taux de farine de sorgho incorporée dans les préparations des ingrédients.

Le gain en volume, la perte en poids et la mesure de développement D pour chaque biscuit sec à base de farine de sorgho avec une incorporation de 0 à 100% sont illustrés par la figure suivante.

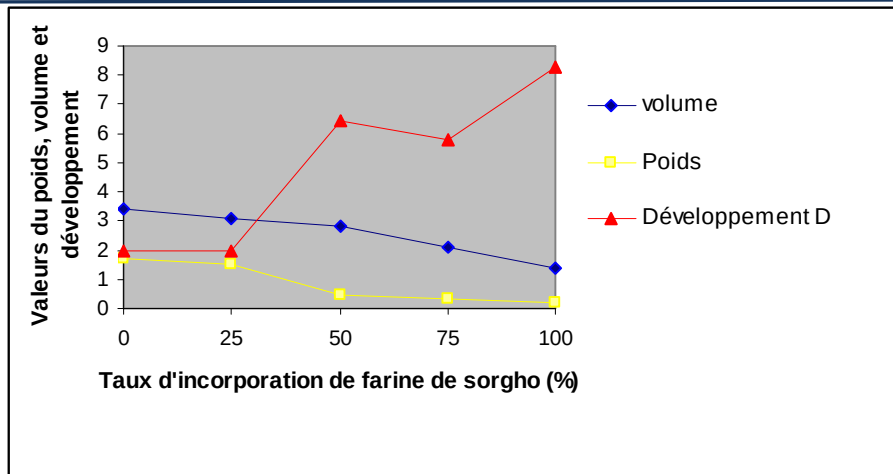


Figure 20 : Diminution de poids et celle de volumes des différents taux d'incorporation de farine de sorgho après cuisson

« Le tableau n°17 » ci-dessous affiche les coefficients de corrélation entre le gain en volume, la perte en poids et le taux d'incorporation de farine de sorgho déduit de la figure n°8.

TABLEAU 17: Coefficients de corrélation entre le gain en volume, la perte en poids et le taux d'incorporation de farine de sorgho

Coefficient corrélation entre gain en volumes (cm3) de biscuits non cuits et incorporation de farine de sorgho (%)	-0,973828489
Coefficient corrélation entre perte en poids (g) de biscuits cuits et incorporation de farine de sorgho (%)	-0,93269566
Coefficient de corrélation entre développement du biscuit cuit et incorporation de farine de sorgho (%)	0,921414118

Le développement D des biscuits secs bA (biscuit de référence à 100% de farine de blé) et celui de bB (75% de farine de blé et 25% de farine de sorgho) sont compris dans l'intervalle de condition satisfaisante pour la biscuiterie sèche $2 \leq D \leq 4$, tandis que pour les autres biscuits secs bC (50% de farine de blé et 50% de farine de sorgho), bD (25% de farine de blé et 75% de farine de sorgho) et bE (0% de farine de blé et 100% de farine de sorgho) leur développement D est supérieur à 4.

En se référant aux valeurs relatives concernant le développement des biscuits décrits dans le tableau n°16, il a été constaté qu'elles sont presque du même ordre de grandeur. Le développement est de 1,99 pour le biscuit sec bA de référence à 100% de farine de blé et de 2 pour le biscuit sec bB à 25 % d'incorporation de farine de sorgho et 75% farine de blé.

Cela est attribuable à la teneur en protéines plus élevée contribuant à assurer une matrice bien formée de protéines permettant ainsi d'obtenir un produit beaucoup plus développé [15]. La farine de blé crée des liens plus forts entre les particules après la cuisson, probablement en raison de la teneur en protéine plus élevée [30]. Les valeurs de mesure s'avèrent identiques,

le biscuit sec bA de référence a eu un gain de volume supérieur (3,40) par rapport à celui du biscuit sec bB (3,07) ; il va de soi que le développement, c'est-à-dire les rapports entre le volume et le poids soient les mêmes. Selon le tableau n°22, dans la phase non cuite, il est noté que plus il est incorporé davantage de farine de sorgho (0%, 25%, 50%, 75% et 100%) plus les volumes des pâtons tendent à diminuer (3,40 cm³ ; 3,07 cm³ ; 2,58 cm³ ; 2,10 cm³ et 1,41 cm³). En effet, lorsque les taux de farine de blé diminuent autant, les taux de protéines dans les pâtons baissent. Le pouvoir de fixation d'eau pour l'ensemble du mélange farines sorgho/blé chute également, du fait de la diminution du taux de gluten. La farine de sorgho est donc pauvre en gluten par rapport à celle du blé. L'importance de l'hydratation d'une pâte est liée à la présence de gluten [16]. Ce dernier, par sa nature, possède des propriétés d'élasticité, d'extensibilité et de rétention gazeuse qui permettent à la pâte de se développer [17]. La diminution des volumes des pâtons et le pourcentage de farine de sorgho incorporée corrélient d'une manière significative, soit -0,973828489.

Ainsi, il existe une covariance négative entre l'incorporation de farine de sorgho dans l'ingrédient des biscuits secs et la diminution en volume de ces derniers.

Concernant la perte de poids, le biscuit sec bA de référence (à 100% de farine de blé) et le biscuit sec bB (75% de farine de blé et 25% de farine de sorgho) ont enregistré des pertes de poids élevées lors de la cuisson 1,71g (bA) et 1,54g (bB) par rapport aux autres biscuits secs bC (50% de farine de blé et 50% de farine de sorgho) et bD (25% de farine de blé et 75% de farine de sorgho) respectivement de 0,36 g et de 0,44 g. Le biscuit sec bE (0% de farine de blé et 100% de farine de sorgho) a subi une perte très petite de poids de 0,17 g lors de la cuisson. Comme annoncé précédemment, le pouvoir de fixation d'eau pour l'ensemble du mélange farines sorgho/blé chute avec la diminution du taux de gluten : à 100°C lors de la cuisson, l'eau contenue dans la farine composite se transforme en vapeur, cela provoque une diminution du poids du biscuit jusqu'à son état sec. La diminution des poids des pâtons et le pourcentage d'incorporation de farine de sorgho sont corrélés d'une manière significative, avec -0,93269566. Il existe donc une corrélation négative entre l'incorporation de farine de sorgho dans l'ingrédient des biscuits secs et la diminution de leur poids.

Après la cuisson, la corrélation entre le taux d'incorporation de farine de sorgho et la mesure de développement D des biscuits n'est pas significative, elle est de 0,921414118.

Conclusion partielle II

L'essai de fabrication de biscuit sec à base de farine de sorgho est réalisé en tenant compte de l'incorporation de 25 à 100% de farine de sorgho dans l'ingrédient.

Lors de la phase non cuite, il est constaté que plus il est incorporé davantage de farine de sorgho (0%, 25%, 50%, 75% et 100%) plus les volumes des pâtons tendent à diminuer ($3,40 \text{ cm}^3$; $3,07 \text{ cm}^3$; $2,58 \text{ cm}^3$; $2,10 \text{ cm}^3$ et $1,41 \text{ cm}^3$). La diminution des volumes des pâtons et le pourcentage d'incorporation de farine de sorgho sont corrélés d'une manière significative, pour $-0,973828489$. Aussi, plus nous incorporons de farine de sorgho allant de 0% à 100%, les poids des biscuits secs tendent à diminuer ($1,71 \text{ g}$; $1,54 \text{ g}$; $0,44 \text{ g}$; $0,36 \text{ g}$; $0,17 \text{ g}$). La diminution des poids des pâtons et le pourcentage d'incorporation de farine de sorgho sont corrélés d'une manière significative, pour $-0,93269566$.

Des mesures du poids et des volumes des produits sont réalisées, afin de déterminer le développement D de chaque produit. Pour la biscuiterie sèche courante, le développement D doit être compris entre 2 et 4. Il est remarqué que le développement D est respectivement pour le produit bA de 1,98 ; pour bB de 2, pour bC 6,47, pour bD de 5,77 et pour le produit bE de 8,30.

Ainsi donc, les produits bA et bB offrent des avantages les plus intéressants du point de vue commercial, car ils présentent un développement D qui satisfait aux conditions en biscuiterie sèche, c'est-à-dire avec un D égal à 2, pour de la farine de sorgho incorporée à 25%. Mais qu'en est-il de leurs caractéristiques sensorielles et nutritionnelles ?

Passons maintenant à la troisième partie qui rassemble les études des caractères sensoriels et nutritionnels des biscuits secs à base de farine de sorgho obtenus précédemment.

PARTIE III

**Etudes des caractères sensoriels
et
nutritionnels
des biscuits secs
à base de farine de sorgho**

Dans cette troisième partie, des études ont été réalisées sur les consommateurs et sur la qualité nutritionnelle des produits avec ces essais de biscuit sec à base de farine de sorgho obtenus précédemment. Pour permettre de répondre aux attentes des consommateurs, en premier lieu une évaluation sensorielle de chacun de ces produits dosés différemment a été effectuée pour vérifier leurs qualités organoleptiques. Cette dernière sera ensuite complétée par des analyses physico-chimiques relatives aux biscuits préférés afin de définir leurs qualités nutritionnelles.

I- Evaluation sensorielle

Elle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits d'une manière ordonnée et structurée afin de décrire, de classer et d'améliorer les propriétés des produits. [29]

Il s'agit d'une technologie permettant de déterminer les caractéristiques organoleptiques des produits par les cinq organes sensoriels humains, l'objectif étant de définir les critères qui motivent la préférence des consommateurs.

I-1-Matériels et équipements

I-1-1- Matériels

La présente étude a été réalisée notre étude dans le laboratoire d'analyse sensorielle d'Ambatobe, laboratoire qui répond aux attentes des entreprises agroalimentaires et cosmétiques soucieuses de la qualité de leurs produits. Il dispose d'une salle de dégustation conforme aux normes internationales en vigueur, des équipements électroménagers d'analyse sensorielle, et de laboratoire à la pointe de la technologie sensorielle.

Les principaux équipements concernent:

- une salle de dégustation du laboratoire d'analyse sensorielle d'Ambatobe constituée de 10 boxes individuels,
- une cuisine équipée pour la préparation du produit,
- un logiciel statistique XL STAT version 2009.4.07 et EXCEL 2007 adaptés à l'évaluation sensorielle pour traiter l'ensemble des données. C'est à partir du logiciel XL STAT version 2009.4.07 que les données vont être présentées et interprétées en travaillant avec l'Analyse de la variance ANOVA pour pouvoir comparer la moyenne de préférence des sujets, l'Analyse des Composantes Principales ACP pour pouvoir dégager ainsi la significativité des critères de préférence.

I-1-2- Sujets :

Les participants étaient constitués de sujets naïfs recrutés pour participer à l'étude. D'après la norme définie par l'AFNOR (XP V 09-501, 60 sujets sont réclamés au minimum ; leur nombre retenu était de 82, dont 54% masculins et 46% féminins. Nous avons groupé l'âge des sujets en 4 tranches:

- âge supérieur à 40 ans, 22%,

- âge compris entre 30 et 39 ans, 13%,
- âge compris entre 20 et 29 ans, 43%,
- âge inférieur à 20ans, 22%,

Les tranches d'âge sont représentées par la figure suivante :

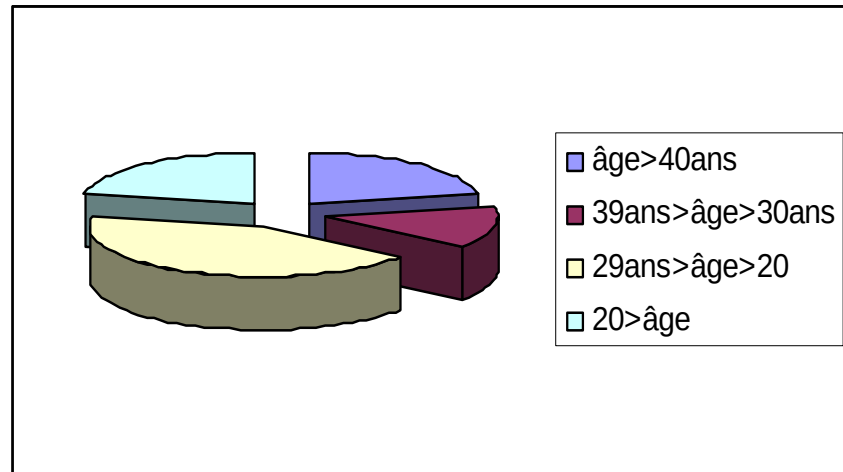


Figure 21 : Répartition d'âge des sujets

I-1-3-Produits :

Pour l'évaluation sensorielle des biscuits secs datés d'une même donnée ont été choisis, afin d'opérer sur des produits frais donc conservés après refroidissement dans des sacs en plastiques. La composition complète de chacun des produits indiqués bA, bB, bC, bD et bE est conforme au tableau n°9.

I-2- Méthodes

Les étapes de réalisation de l'évaluation sensorielle sont :

D'abord, la formulation du questionnaire qui va répondre à l'objectif de l'expérience ; lequel va déterminer les critères qui dégagent la préférence des consommateurs. A ce propos, 3 questions ont été choisies, une sur la préférence globale des sujets, une sur les raisons du choix en fonction de 4 critères, tels : l'intensité de la couleur, l'odeur, la dureté et l'intensité sucrée de chaque produit et une autre sur le classement des 5 biscuits par ordre de préférence (cf. annexe IV : Questionnaire sur l'évaluation sensorielle de biscuit sablé).

Ces critères sont pris en fonction des observations lors des essais de fabrication : d'abord, la farine de sorgho se caractérise par sa couleur plus foncée par rapport à celle du blé ; ensuite, les recherches bibliographiques affirment son odeur plus prononcée que celle du blé [1], puis lors des manipulations, il est constaté que la pâte de farine de sorgho est plus moulue que celle du blé et, enfin, son goût différent de celui du blé lors d'une dégustation de farine de sorgho. De ce fait, le type d'épreuve hédonique a été choisi, c'est-à-dire les sujets ont à exprimer leurs avis basés sur le caractère agréable des biscuits à tester. Selon une évaluation sensorielle, cela consiste à identifier la préférence des consommateurs (étude hédonique).

Dans le cadre du présent projet sur les biscuits sablés, cette étude hédonique vise à répondre aux questions suivantes :

- parmi les 5 biscuits utilisés, qui diffèrent par leur composition en farine de sorgho, quels sont les produits préférés ? Quels sont les produits rejetés ?
- Quelle position occupe le produit par rapport à l'idéal du consommateur pour les critères suivants : intensité de la couleur, odeur, dureté et intensité sucrée ?
- Quels critères, parmi ceux proposés, participent à cette préférence des sujets ?

Pour répondre à ces questions, au laboratoire d'analyse sensorielle d'Ambatobe LAS une épreuve hédonique a été mise en place pour identifier les préférences des consommateurs. A ce propos, les échantillons sont présentés de façon monadique et les sujets doivent évaluer les produits sur la base d'une approche hédonique.

NB : Les produits ont été notés de 1 (extrêmement désagréable) à 9 (extrêmement agréable) sur les préférences globales, et de -2 (très claire, absence d'odeur, très molle, moins sucrée) à 2 (très foncée, odeur très prononcée, très dure, plus sucrée) pour les notes concernant les quatre critères : 'intensité de la couleur', 'odeur', 'dureté' et 'intensité sucrée' des produits.

Ensuite, la réalisation de cette expérience consiste à mettre les échantillons toujours à une quantité égale sur une assiette de couleur blanche codée par 3 chiffres pris dans le tableau des nombres au hasard (cf. annexe V) par souci d'anonymat permettant d'identifier le produit en question. La lettre code et l'ordre de présentation des produits sont représentés dans l'annexe VI. Les 5 produits sont introduits un par un et entre chaque épreuve et chaque produit, le sujet doit se rincer la bouche à de l'eau tiède pour éliminer les substances étrangères restantes.

Puis, pour valider les données, il s'agit d'accepter les résultats obtenus avec XL STAT version 2009.4.07 et Excel 2003. Dans ce sens, il est procédé à l'analyse des résultats de l'expérience : cette étape traite les résultats suivant les outils d'analyse statistique ANOVA et ACP.

ANOVA : L'analyse de la variance (terme en anglais souvent abrégé ANalysis Of VAriance) est un test statistique permettant de vérifier s'il existe une différence significative entre les produits. La présente étude traite les résultats avec l'ANOVA à un facteur (produits), et le seuil de significativité de 5% (ou 0,05) a été choisi c'est-à-dire si la probabilité p est inférieure à 5%, un effet significatif existe pour les critères étudiés, mais avec p supérieure à 5%, pas d'effet significatif pour les critères. Le tableau de l'ANOVA prévoit 7 colonnes, à savoir :

- somme des carrés entre groupes SC_E et à l'intérieur des groupes SC_I , degré de liberté entre groupes ddl_E et à l'intérieur des groupes ddl_I , moyennes des carrés entre groupes M_E et à l'intérieur des groupes M_I pour le calcul de F (Test de Fisher) tel que :

$$F = \frac{M_E}{M_I} = \frac{\frac{SC_E}{ddl_E}}{\frac{SC_I}{ddl_I}}$$

La sixième colonne prévoit la probabilité et la septième la valeur critique pour F obtenue à partir de la table de *Fisher-Snedecor* en annexe VII.

- Si F est supérieure à sa valeur critique, il existe donc une différence significative sur la préférence des 5 échantillons de biscuit.

Si l'ANOVA montre un effet significatif des produits, donc une différence existe entre les produits et passer à une étude plus poussée (analyse multidimensionnelle : l'ACP) est possible; par contre, si elle ne montre pas d'effet significatif de traitements, les variables utilisés ne font pas partie des critères spécifiant la préférence des dégustateurs.

ACP : L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est l'une des méthodes d'analyse de données multi variées les plus utilisées. Utiliser l'ACP consiste à :

- étudier et visualiser les corrélations entre les variables, afin d'éventuellement limiter le nombre de variables à mesurer par la suite ;
- visualiser des observations dans un espace à deux dimensions, afin d'identifier des groupes homogènes d'observations.

Enfin, il convient de passer à l'interprétation des résultats et à la prise de décision : cette étape consiste à expliquer les résultats pour en tirer des conclusions, compte tenu du jugement sur les préférences des sujets.

I-3- Résultats

Les données sur les résultats de l'évaluation sensorielle sont relevées dans l'annexe VIII. Ainsi, il en a été réalisé des analyses statistiques.

I-3-1-Résultats de la préférence globale du produit d'après la moyenne des préférences

Pour les 82 consommateurs ou sujets, la moyenne de chacun de ces résultats est indiquée sur le tableau n°18.

TABLEAU 18: tableau de la moyenne des préférences globales des consommateurs sur les 5 produits bA, bB, bC, bD et bE

Nom du produit	bA	bB	bC	bD	bE
Moyenne	5,93902439	6,170731707	6,17073171	5,12195122	5,70731707

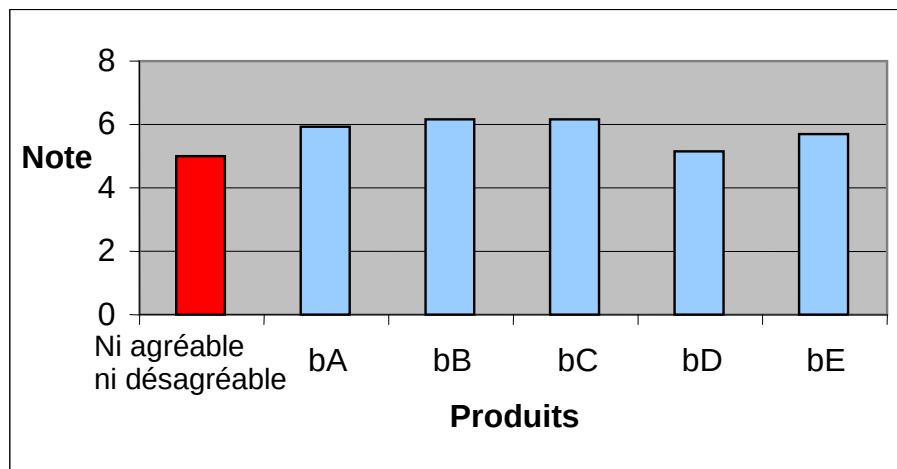


Figure 22 : Graphe des moyennes de la préférence globale des 82 consommateurs

Ci-dessus, la figure n°22 affiche les représentations graphiques de la moyenne des préférences des sujets qui ont participé à l'évaluation. Sur ce graphe, le premier bâton coloré en rouge correspond au 'caractère de préférence ni agréable ni désagréable' avec une note égale à 5. Ainsi, il y est indiqué que les biscuits sablés bB et bC sont les plus préférés, comportant la même considération entre 'l'assez agréable' et 'l'agréable', récoltent une note supérieure à la note 6. Le biscuit sablé bA qualifié d' 'assez agréable' a gagné la note presque égale à 6.

Concernant le biscuit bE, la préférence pour cet échantillon avec une note entre 5 et 6, est placée entre 'ni agréable ni désagréable' et 'assez agréable'. Et enfin, le biscuit sec bD est noté 'ni agréable ni désagréable'.

En fait, les produits ont tous reçu une note supérieure à 5, note de référence préconçue 'idéale'.

- Analyse de la variance (ANOVA)

Les résultats précédents incitent à analyser la variance des produits compte tenu de leur différence plus ou moins significative dans la préférence globale. Il est intéressant de déterminer si la qualité du biscuit sablé varie suivant la proportion en farine composite des constituants.

TABLEAU 19: ANOVA sur la préférence globale

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	62,3317073	4	15,5829268	6,0354423	0,00010026	2,39397198
A l'intérieur des groupes	1045,67073	405	2,58190304			
Total	1108,00244	409				

Ce tableau 19 indique que la probabilité est inférieure à 5% (ou 0,05), il existe donc une différence significative se rapportant à la préférence sur les 5 échantillons, c'est-à-dire les 5 biscuits bA, bB, bC, bD et bE sont tous différents.

Sur quoi se distinguent donc les cinq produits ?

La réponse à cette question requiert une étude des descripteurs de chacun des biscuits.

I-3-2- Résultats de l'étude des critères de choix de la préférence pour chaque produit et ANOVA

En opérant avec 4 descripteurs, tels 'l'intensité de la couleur', 'l'odeur', 'la dureté' et 'l'intensité sucrée' de chaque produit (produit bA, bB, bC, bD et bE), la moyenne de chaque descripteur est reportée sur le tableau suivant :

TABLEAU 20: Tableau de la moyenne des descripteurs pour chaque produit

Produits	Intensité de la couleur	Odeur	Dureté	Intensité sucrée
bA	-0,158536585	0,18292683	0,36585366	-0,353658537
bB	-0,280487805	0,35365854	0,57317073	-0,012195122
bC	0,219512195	0,19512195	0,7195122	0,134146341
bD	1,12195122	0,25609756	0,70731707	-0,207317073
bE	0,792682927	0,14634146	0,92682927	-0,097560976

♦ Intensité de la couleur

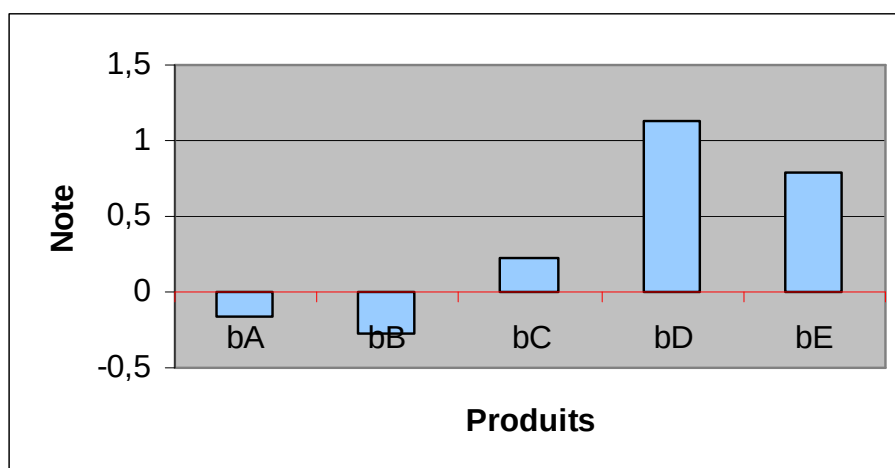


Figure 23 : Graphe de la moyenne de l'intensité de la couleur des 5 produits

Les moyennes de chaque descripteur se situent toutes aux environs de la note 'zéro', critère de 'l'idéal', donc les descripteurs choisis sont notés aux environs de la moyenne de préférence par chacun des consommateurs.

D'après cette figure n°23, l'intensité de la couleur du produit bD est très accentuée, c'est-à-dire 'plus foncée' par rapport aux autres, tandis que les bA et bB sont 'plus clairs' (moins clairs que la couleur annoncée comme idéale notée '0'). Une note proche de 1 est attribuée aux produits bD et bE donc considérés comme produits 'foncés'.

- ANOVA sur l'intensité de la couleur

Les résultats de l'étude sur l'ANOVA de l'intensité de la couleur sont rassemblés « dans le tableau n°21 ».

TABLEAU 21 : ANOVA de l'intensité de la couleur des différents produits

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	120,082927	4	30,0207317	32,7020861	1,2245E-23	2,39397198
A l'intérieur des groupes	371,792683	405	0,91800662			
Total	491,87561	409				

Comme la probabilité est inférieure à 5% (ou 0,05) dans ce tableau n°21, il existe donc une différence significative sur l'intensité de la couleur des 5 échantillons. Donc, les 5 produits bA, bB, bC, bD et bE offrent tous une couleur différente. Donc cela mérite une analyse des composantes principales (ACP) relative à l'intensité de la couleur des produits.

♦ Odeur

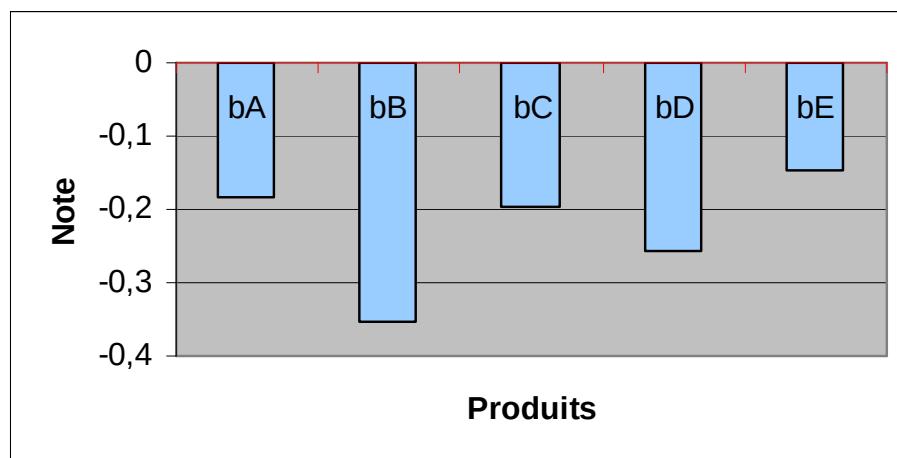


Figure 24 : Graphe de la moyenne de l'intensité de l'odeur des 5 produits

Cette figure n°24 regroupe les produits avec une odeur 'moins prononcée', inférieure à la note zéro fixée comme 'idéale'. Le produit bE a une odeur 'plus prononcée' par rapport aux autres, viennent ensuite bA et bC, et enfin bB.

- ANOVA sur l'intensité de l'odeur

Les résultats de l'étude sur l'ANOVA pour l'intensité de l'odeur sont rassemblés « dans le tableau n°22 ».

TABLEAU 22 : ANOVA de l'odeur des différents produits

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	2,16097561	4	0,5402439	0,46777474	0,75939819	2,39397198
A l'intérieur des groupes	467,743902	405	1,15492322			
Total	469,904878	409				

Le tableau n°22 renferme une probabilité supérieure à 5% (ou 0,05), ainsi il n'existe pas d'odeur significative sur les 5 échantillons. Donc, les 5 produits bA, bB, bC, bD et bE sentent presque la même odeur.

♦ Dureté

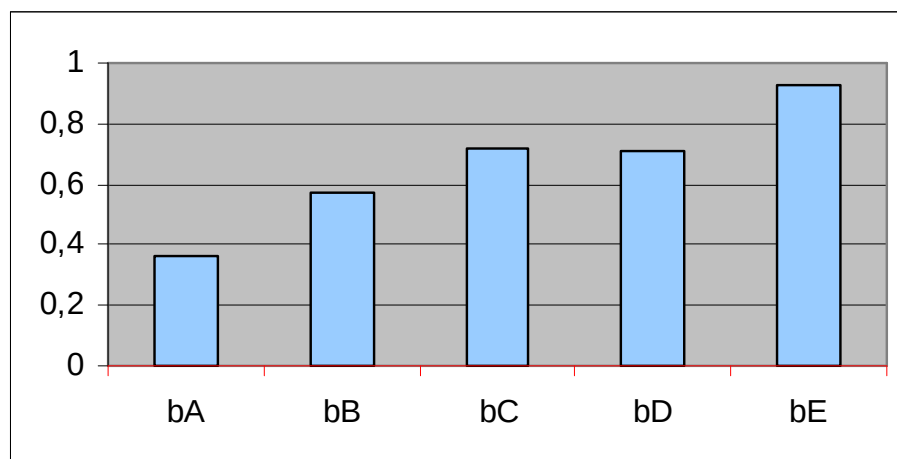


Figure 25: Graphe de la moyenne de l'intensité de dureté des 5 produits

D'après cette figure n°25, la dureté des produits indique une corrélation positive avec le taux de farine de sorgho incorporée dans l'ingrédient. Alors, bE correspond au 'plus dur' et

bA au 'moins dur'. Par contre, les 5 produits sont tous considérés comme 'durs' par rapport à 'l'idéale' attribuée à la note 'zéro'.

- ANOVA sur la dureté

Les résultats de l'étude sur l'ANOVA de l'intensité de la dureté des biscuits secs sont communiqués « dans le tableau n°23 ».

TABLEAU 23: ANOVA de la dureté des différents produits

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	14,0243902	4	3,50609756	5,29502046	0,00036386	2,39397198
A l'intérieur des groupes	268,170732	405	0,66214995			
Total	282,195122	409				

Le tableau n°23 fait ressortir la probabilité inférieure à 5% (ou 0,05), il existe donc une différence significative sur la dureté des 5 échantillons. Donc, les 5 produits bA, bB, bC, bD et bE offrent tous une dureté différente. Cela donne un intérêt à procéder à l'analyse des composantes principales (ACP) sur la dureté des produits.

♦ Intensité sucrée

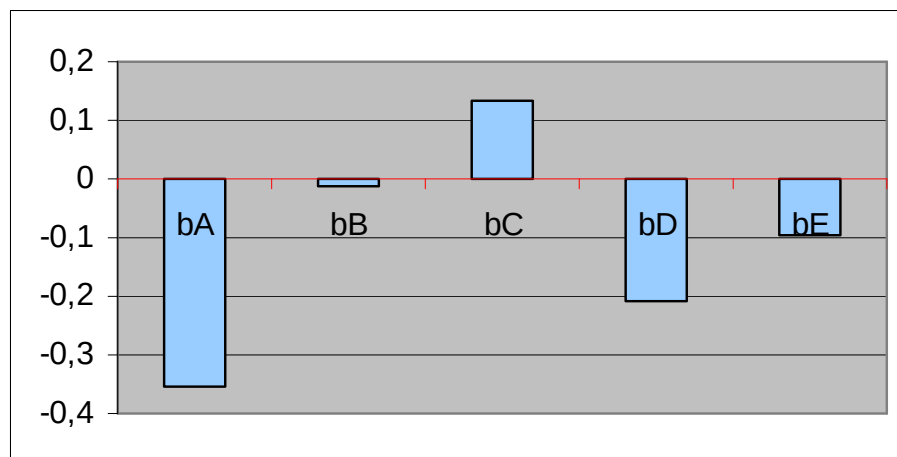


Figure 26: Graphe de la moyenne de l'intensité sucrée des 5 produits

Concernant l'intensité sucrée, la figure n°26 montre que les 5 produits ont tous presque la même intensité sucrée près de la note zéro. Le cas le plus précis concerne le

produit bC comme étant le 'plus sucré' parmi les 4 autres, car unique note supérieure à zéro retenue comme 'idéale'.

- ANOVA sur l'intensité sucrée

Les résultats de l'étude sur l'ANOVA de l'intensité du sucre figurent « dans le tableau n°24 » ci-dessous.

TABLEAU 24: ANOVA de l'intensité sucrée des différents produits

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	11,3268293	4	2,83170732	3,08331148	0,01606816	2,39397198
A l'intérieur des groupes	371,95122	405	0,91839807			
Total	383,278049	409				

La probabilité est inférieure à 5% (ou 0,05) d'après le tableau n°24, il existe donc une différence significative sur l'intensité sucrée des 5 échantillons. Il en est déduit que les 5 produits bA, bB, bC, bD et bE donnent une dureté différente. Alors, procéder à l'analyse des composantes principales (ACP) sur l'intensité sucrée des produits s'avère intéressant.

I-3-3- Analyse en Composantes Principales ACP

Les résultats de l'ANOVA dégagent les critères : 'intensité de la couleur', 'dureté' et 'intensité sucrée' qui présentent une différence significative et le critère 'odeur' qui n'en a pas montré.

Compte tenu de ce que les 3 critères cités précédemment ont enregistré une différence significative, les corrélations entre les descripteurs sont perçues sur la figure suivante:

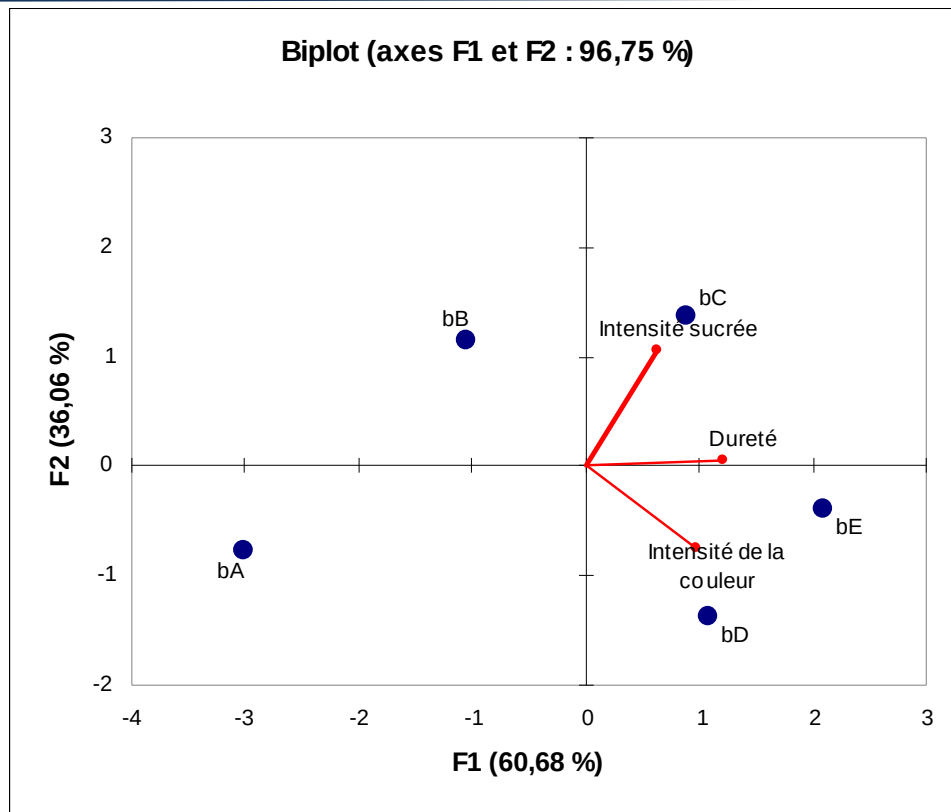


Figure 27 : Représentation graphique des 5 produits et les 3 critères significatifs d'après ACP

Les trois critères significatifs : intensité de la couleur, dureté et intensité sucrée jouent un rôle important dans la classification des produits. La figure n°27 fait sortir les caractéristiques des produits :

- Le produit bA est 'clair', le 'moins dur', il est aussi le 'moins sucré' parmi les 5 produits.
- Le produit bB est le 'plus clair' de tous les produits avec une dureté supérieure à celle du produit bA, d'intensité sucrée presque 'idéale'.
- Le produit bC est 'moins clair' que bB avec une dureté élevée par rapport à bB et d'intensité sucrée 'prononcée' par rapport aux autres produits.
- Le produit bD est le 'plus foncé' de tous les autres avec une dureté égale à bC (la figure montre une équidistance des deux produits bD et bC par rapport à la dureté) et d'intensité sucrée inférieure à celle de bC mais supérieure à bA.
- Le produit bE est 'moins clair' que bD mais 'plus foncé' que bC. Sa dureté est très élevée par rapport aux autres produits avec une intensité sucrée supérieure à bD mais toujours inférieure à l'idéale.

I-4- Interprétations

Il ressort des tableaux 19, 20, 21, 22, 23 et 24 que les produits bB et bC sont les plus préférés. Lors de l'étude sur l'ANOVA, il en est déduit que seul le critère 'odeur' n'a pas d'effet sur les critères de préférence des sujets. D'après ces résultats, l'addition de la farine de sorgho n'a pas enregistré d'effet sur le descripteur 'odeur' du produit. Par contre, entre 'intensité de la couleur', 'dureté' et 'intensité sucrée' existe une significative au niveau de leur préférence sur les 5 produits. Ces derniers sont explicités à travers les probabilités inférieures à 5% lors des calculs de l'ANOVA. L'analyse des composantes principales donne les corrélations entre ces 3 critères. Elle a permis de discerner les caractéristiques de chaque produit à partir des critères significatifs. Ainsi, les 5 produits bA, bB, bC, bD et bE se distinguent à travers les descripteurs choisis comme critères de préférence chez les sujets.

Les produits bA, bB et bC sont les plus appréciés à partir du traitement des résultats des données de l'analyse sensorielle, tels que les deux produits bB et bC gagnent la même note de préférence. Etant donné la description organoleptique de chacun d'eux, les produits bA et bB (les plus préférés) vont être retenus pour déterminer leurs caractères nutritionnels. Ainsi, le produit bA, retenu parce qu'il est utilisé comme 'témoin' par l'absence de farine de sorgho dans sa préparation et le produit bB retenu par ses caractéristiques plus intéressantes que celles du produit bC (cf. figure 11). Les résultats de l'analyse sensorielle sur les 82 sujets informent que les produits bB et bC gagnent la même préférence globale des consommateurs. La raison du choix du produit bB s'explique à travers les résultats de l'ACP sur les critères de préférence, en ayant observé que le produit bB est plus clair, moins dur et avec une intensité en sucre idéale par rapport au produit bC.

De plus la partie II de cet ouvrage affirme que les deux produits bA et bB remplissent les conditions requises en biscuiterie sèche, de plus, ils sont acceptés par les consommateurs. Qu'en est-il les qualités nutritionnelles de ces deux biscuits ?

II- Analyses physico-chimiques et nutritionnelles

Pour des raisons d'ordre matériel, l'analyse de ces deux produits les plus appréciés (bA et bB) a été limitée aux analyses de composition, telles la détermination de la teneur en eau, la détermination de la teneur en matières grasses, la détermination de la teneur en cendres brutes, la détermination des protéines totales et de la teneur en glucides totaux. Ces différents points informent sur les qualités du produit fini testé à partir de ses composants.

II-1-Matériels et équipements

Les matériels et équipements utilisés dans les laboratoires d'analyses physico-chimiques et nutritionnelles sont récapitulés « dans le tableau n°25 ».

TABLEAU 25 : Matériels et équipements pour les analyses nutritionnelles

Constituants recherchés	Matériels utilisés	Réactifs	Laboratoires d'analyses
Teneur en eau (Humidité)	•Balance analytique : <i>Sartorius</i> •Capsule à fond plat en verre •Etuve électrique •Dessiccateur	-	Laboratoire des IAA, ESSA
Teneur en matières grasses	•Appareil d'extraction continue : SOXHLET •Cartouche d'extraction garnie de papier filtre dégraissé •Coton •Etuve électrique •Dessiccateur •Balance analytique, <i>Sartorius</i> •Chauffe ballon •Rotavapor •Ballon à fond plat •bécher	Hexane	Laboratoire des IAA, ESSA

Teneur en cendres brutes	• Balance analytique : <i>Mettler H 35</i> • Plaque chauffante • Four à moufle électrique avec thermostat • Dessiccateur • Creusets • Etuve électrique	-	Laboratoire de la nutrition Elevage, ESSA
Teneur en protéines totales	• Pipette jaugée • Bloc de digestion • balance de précision • Fiole • Tube matras • Minéralisateur • Distillateur	• H_2SO_4 concentré • K_2SO_4 • $CuSO_4, H_2O$ • réactif de <i>Tashiro</i> • NaOH • alcool 90°	Laboratoire du Département de Recherches Technologiques, Ambatobe

II-2- Méthodes

II-2-1-Détermination de la teneur en eau [28]

Cette méthode détermine la perte de poids à une température bien définie pendant une durée bien déterminée, correspondant à la qualité d'eau perdue selon le protocole préconisé par AFNOR NF V 04 -401 : dessiccation à $103 \pm 2^\circ C$ pendant 4h.

II-2-2- Détermination de la teneur en matières grasses [28]

Cette méthode consiste à extraire la substance à partir de la matière première selon le protocole préconisé par AFNOR NF V 04 -403. L'échantillon est soumis à une hydrolyse à chaud. Après filtration, la matière grasse est extraite par de l'hexane.

II-2-3- Détermination de la teneur en cendres brutes [28]

D'après la référence EN 1135 1994 F, les cendres sont les résidus d'un produit alimentaire obtenu après avoir totalement éliminé les substances organiques par calcination et évaporé l'eau. Elles sont exprimées en g/l ou en g/Kg. Les cendres sont déterminées par méthode gravimétrique après avoir calciné l'échantillon à analyser dans un four à moufle à $525 \pm 25^\circ C$.

II-2-4 - Détermination des protéines totales [28]

Le principe est basé sur la minéralisation de la matière organique par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur, puis par l'alcanisation des produits de la réaction et, enfin, par distillation et tirage de l'ammoniac libéré.

La teneur en protéines totales est déterminée par la méthode de KJELDAHL en utilisant 6,25 comme facteur de conversion.

II-2-5- Détermination de la teneur en glucides totaux

La teneur en glucides totaux est obtenue par différence. Le taux de glucide dans l'échantillon peut être obtenu par différence entre la teneur en matière sèche et la somme de celle des protéines, des lipides et des cendres brutes déjà obtenues.

II-2-6- Détermination de la valeur énergétique globale du biscuit à base de sorgho

La valeur énergétique globale d'un aliment est la qualité d'énergie libérée par cet aliment lors de la combustion des glucides, des protéines et des lipides par notre organisme.

II-3- Résultats

Les résultats des analyses de composition, telles les analyses sur la teneur en eau, en matière grasse, en cendres brutes, en protéine et en glucides totaux sont donnés dans le présent paragraphe.

II-3-1-Résultats de la teneur en eau

La moyenne des résultats sur la teneur en eau est donnée « dans le tableau n°26 ».

TABLEAU 26: Valeurs obtenues pour le dosage de l'humidité du biscuit à base de farine de sorgho

paramètres	bA	bB
Valeurs obtenues (%humidité)	4,99	5,21

Le produit bB présente une teneur en eau de 5,21% et le bA de 4,99%. Le bB maintient une humidité élevée par rapport à bA avec une différence non significative de 0,22%.

II-3-2-Résultats de la teneur en matières grasses

La moyenne des résultats sur la teneur en matières grasses figure « dans le tableau n°27 » suivant.

TABLEAU 27 : Valeurs obtenues de la teneur en MG du biscuit à base de farine de sorgho

paramètres	bA	bB
Valeurs obtenues (%MG)	13,47	13,65

Le produit bB donne une teneur en matière grasse élevée de 13,65% par rapport à bA de 13,47% avec une différence non significative de 0,18%.

II-3-3-Résultats du dosage en cendres brutes

La moyenne des résultats sur la teneur en cendres brutes est indiquée sur le tableau suivant :

TABLEAU 28 : Valeurs obtenues pour le dosage de la cendre brute du biscuit sec à base de farine de sorgho

paramètres	bA	bB
Valeurs obtenues (%CB)	1,90	1,78

Le produit bA présente une teneur élevée en cendres brutes de 1,90% par rapport au produit bB de 1,78% avec une différence non significative de 0,12%.

II-3-4-Résultats de la teneur en protéines totales

La moyenne des résultats sur la teneur en protéines totales est donnée « dans le tableau n°29 ».

TABLEAU 29 : Valeurs obtenues de la teneur en protéines du biscuit à base de farine de sorgho

paramètres	bA	bB
Valeurs obtenues (%P)	5,16	6,75

Le produit bB offre une teneur en protéines totales élevée de 6,75% par rapport au produit bA de 5,16% avec une différence non significative de 1,59%.

II-3-5-Résultats de la teneur en glucides totaux

La moyenne des résultats sur la teneur en glucides totaux est enregistrée « dans le tableau n°30 ».

TABLEAU 30: Valeurs obtenues de la teneur en glucides totaux du biscuit à base de farine de sorgho

paramètres	bA	bB
Valeurs obtenues (%G)	79,47	74,61

Le produit bA présente une teneur élevée en glucides totaux de 79,47% par rapport au produit bB de 74,61%, avec une différence non significative de 4,86%.

II-3-6-Résultats de la valeur énergétique globale

Les résultats de la valeur énergétique globale des deux types de biscuits secs bA et bB figurent « dans le tableau n°31 ».

TABLEAU 31: Valeurs obtenues de la VE du biscuit à base de farine de sorgho

paramètres	bA	bB
Valeurs obtenues (VE en Kcal)	459,75	448,29

Le produit bA présente une valeur énergétique globale élevée de 459,75 Kcal par rapport au produit bB de 448,29 Kcal, avec une différence significative de 11,46 Kcal.

II-4-Représentation graphique des composants des deux produits bA et bB

La représentation graphique des composants des deux biscuits secs bA et bB est figurée ci-dessous :

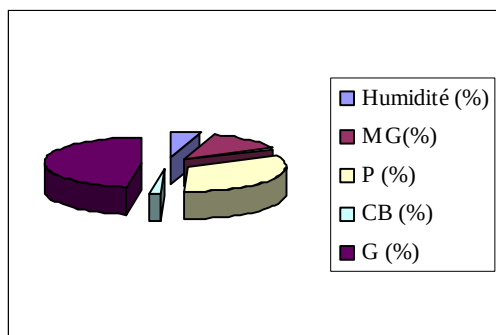


Figure 28 : Représentation graphique des composants du produit bA

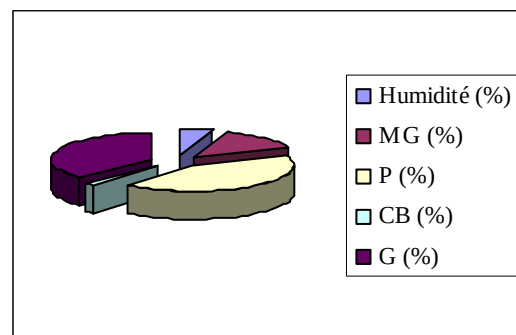


Figure 29 : Représentation graphique des composants du produit bB

II-5-Comparaison des 2 produits bA et bB

La récapitulation des résultats des analyses effectuées sur les deux produits bA (produit de référence 100% en farine de blé) et bB (25% de farine de sorgho et 75% de farine de blé) est communiquée dans le tableau suivant.

TABLEAU 32 : Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse physico-chimique sur les produits bA et bB

Composants	bA	bB
Humidité (%)	4,99	5,21
MG (%)	13,47	13,65
P (%)	5,16	6,75
CB (%)	1,90	1,78
G (%)	79,47	74,61
VE	459,75	448,29

Les deux échantillons bA et bB ont une teneur en eau identique d'après les figures n°27 et n°28. Le tableau n°2 des normes sur la valeur nutritive des biscuits montre que la teneur en eau doit être proche ou comprise entre 0,81% à 3,51%. Par contre, ces deux produits ont une teneur faible en eau par rapport à celle de la farine de sorgho indiquée dans le tableau n°6, il y a donc une diminution de la teneur en eau pendant la transformation plus précisément pendant la cuisson.

Les deux produits ont une teneur en matière grasse aux environs de 13,5%, comprise dans la norme représentée dans le tableau n°2 (8 à 17,20%). Lors de la transformation de l'huile végétale a été utilisée dans l'ingrédient du produit, c'est pour cela qu'une teneur élevée en matière grasse des biscuits à base de sorgho (13,47 et 13,65%) a été observée par rapport à celle de la farine de sorgho (tableau n°6).

La teneur en protéines totales et la teneur en glucide des deux biscuits sont comprises dans la norme (cf. tableau n°2).

Il existe une différence significative concernant la valeur énergétique, elle peut être due à la forte teneur en matière grasse et de protéine du biscuit bB par rapport à bA.

Conclusion partielle III

L'évaluation sensorielle du produit consiste à mesurer l'appréciation des consommateurs, à évaluer la performance des produits et à connaître leurs préférences afin d'améliorer les recettes adéquates compte tenu de leur attente.

Les résultats de l'évaluation sensorielle sur 82 sujets informent que les produits bB et bC reçoivent la même préférence globale pour des consommateurs. Cela montre que l'addition de 25 à 50% de farine de sorgho dans l'ingrédient est acceptée par les consommateurs d'après la préférence globale. L'ANOVA affirme que les descripteurs ci-après, l'intensité de la couleur, la dureté et l'intensité sucrée, sont des critères de préférence sur les 5 produits étudiés. A partir des résultats de l'ACP sur les critères de préférence, il a été observé que le produit bB est plus clair, moins dur avec une intensité en sucre idéale par rapport au produit bC.

L'analyse physico-chimique des deux produits bA et bB montre qu'ils ont à peu près les mêmes caractéristiques vus les figures n°27 et n°28. Pour le produit bB à 25% de farine de sorgho, la teneur en protéines totales est élevée par rapport à celle du produit bA à 0% en farine de sorgho.

Il en est déduit que le biscuit bB à 25% de farine de sorgho est accepté du point de vue organoleptique et nutritionnel. Qu'en est-il du point de vue économique ? De ce fait, passons à la quatrième partie qui englobe les études économiques ou l'ingénierie.

PARTIE IV

Etude économique
d'une biscuiterie
à base de farine de sorgho

L'étude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie, à base de farine de sorgho est détaillée dans cette dernière partie. Diverses techniques, d'essais d'analyse et de recherches financières sont réalisées pour déterminer le site d'implantation de l'usine et pour assurer ses fonctionnements.

Dans cet ordre d'idées, en premier lieu il convient de tenir compte du contexte historique du projet, en second lieu du dossier technique et, en dernier lieu, du dossier financier.

I – Contexte et historique du projet

Il est vital de disposer quotidiennement au moins d'un ou de deux ou de trois, voire davantage plus de produits de première nécessité "PPN" énumérés ci-après: riz, farine, huile, sel, sucre, maïs pour les Malagasy.

Désormais, Madagascar introduit de façon définitive dans sa politique agricole la culture du sorgho, qui est bien moins exigeante en eau que la culture d'autres céréales. Un programme de relancement de la plantation de Sorgho est lancé dans la partie Sud de l'île. Les trois régions, à savoir, Androy, Anosy et Sud-Ouest, victimes de l'insécurité alimentaire cyclique d'un intervalle de 2 ans à cause de la sécheresse, s'attèlent actuellement à la culture de sorgho dont le rendement est satisfaisant par rapport aux autres cultures. [25]

La région du Moyen Ouest, c'est-à-dire celle de l'Itasy, a aussi contribué à la promotion de la culture de sorgho. Les matières premières utilisées dans cette étude y ont été prélevées.

I-1-Présentation du projet

Le projet intitulé étude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la région présente des caractéristiques industrielles où les produits finis sortent en biscuits secs à base de farine de sorgho.

I-2- Problématique du choix du projet

Le sorgho ou « apemby » peut remplacer le riz. Ceux qui ont assisté à la récolte d'un essai de culture de ce produit, lors de la vitrine d'Iavoloha, ont pu s'en rendre compte après une séance de dégustation de plats confectionnés à base de sorgho. Ce produit est certes moins doux que le riz et nécessite un temps de cuisson plus long, mais son goût n'a rien à envier à celui de notre aliment de base. [25]

La problématique du choix pour réaliser ce projet repose sur la tradition de la population Malagasy. La farine de blé sert de base pour une très grande majorité de la population pour les fabrications industrielles de produits alimentaires. Compte tenu de l'augmentation de la production du blé et du fort accroissement du prix de la farine de blé, le présent document incite les Malagasy à apprécier surtout la farine d'autres céréales comme le sorgho par des essais de fabrication du biscuit dont la valeur nutritive n'est pas si loin de celle

à base de céréales comme le blé. Cette étude va tenter d'essayer de limiter l'importation de biscuits secs à Madagascar.

I-3-Description de l'entreprise et de ses activités

L'entreprise ainsi que ses activités sont décrites ainsi :

Nom de la société : Biscuiterie à base de farine de sorgho

Identité de l'entreprise

- Siège social : Région Itasy (Moyen Ouest de Madagascar), Région Itasy, District Miarinarivo, commune rurale d'Analavory

- Forme juridique: Société à Responsabilité Limitée

- Matière première traitée : Sorgho

- Produit fini : biscuit sec à base de Sorgho

Promoteur

Le promoteur est une personne physique.

Organigramme de l'entreprise

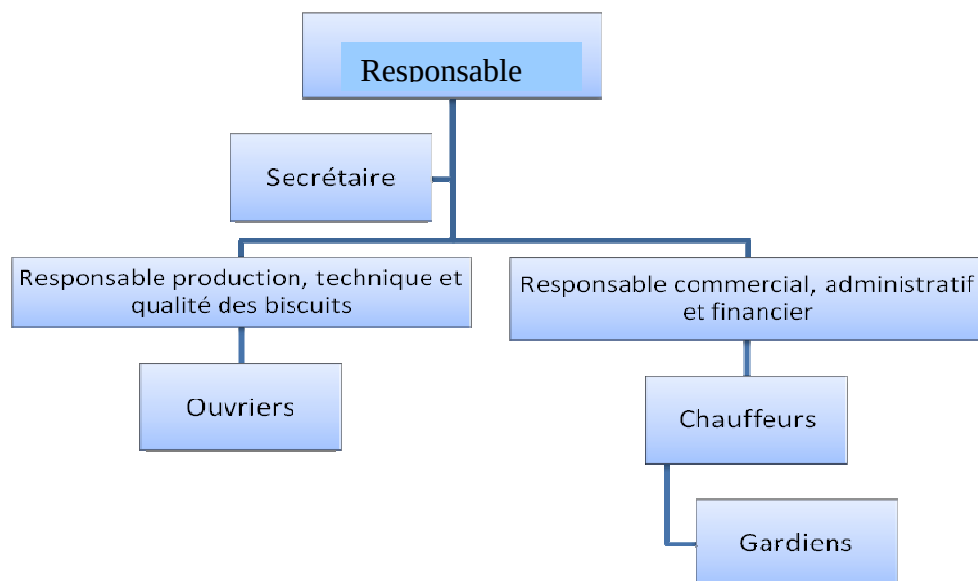


Figure 30 : Organigramme de la biscuiterie à base de sorgho

Le personnel de l'usine est au nombre de 16.

Le personnel et tâches attribuées

Responsable : propriétaire de la société, supervise tout le fonctionnement de l'usine.

Responsable production, technique et qualité des biscuits : assure l'encadrement du personnel de l'usine, planifie la production ainsi supervise tous les fonctionnements de l'usine.

Responsable commercial, administratif et financier: responsable des achats et des relations avec les fournisseurs, gère le stock des matières premières pour la fabrication et le stock des consommables (emballages, produits d'entretien et de nettoyage).

Secrétaire assure le suivi et traitement de courrier et classement des dossiers.

Ouvriers : - préparent les ingrédients pour la production.

- assurent toutes les préparations

- assurent le conditionnement des produits finis avant expédition.

Chauffeurs

Gardiens

I-4-Objectifs du projet

L'objectif du projet de fabrication du biscuit sec à base de sorgho se concentre sur deux points, à savoir : internes et externes.

I-4-1- Objectif interne : stratégie globale de l'entreprise

Les objectifs internes se rapportent à la production de biscuit sec à base de farine composite (farine de sorgho et farine de blé) de bonne qualité, moins coûteux et nourrissant (évaluation de la qualité de biscuits).

I-4-2- Objectif externe

L'objectif externe est orienté sur l'implantation d'une usine de fabrication de biscuit à base de sorgho dans la commune rurale d'Analavory, de la région Itasy (Moyen Ouest de Madagascar).

I-5-Critères de choix de l'implantation de l'usine

Il existe trois critères qui détermineront le choix de l'implantation de l'usine, à savoir : la disponibilité d'eau et d'électricité, la facilité d'accès à la clientèle (agence) et la facilité de circuler et de communiquer avec les régions sources de matière première.

I-6-Analyse du marché et politique du marketing

« Vendre est la finalité de toute entreprise »

La présente étude contribue surtout à initier les Malagasy à l'acceptation des produits fabriqués avec du sorgho comme aliment de base, moins cher mais de valeur nutritive élevée.

I-6-1-Caractéristiques nutritionnelles des biscuits secs à base de farine de sorgho

Nous avons opéré avec le biscuit sec bC (50% de farine de sorgho et 50% de farine de blé) puisqu'il représentait les mêmes caractéristiques que des critères d'évaluations sensorielles et nutritionnelles du biscuit sec bB (25% de farine de sorgho et 75% de farine de blé).

I-6-2- Prix

Le prix varie en fonction du circuit de distribution des produits finis, une étude de marché est requise et primordiale pour confronter les concurrents, entre autres : le prix, la forme de présentation, la quantité consommée et la fréquence. Le prix de lancement du produit doit être inférieur ou égal à celui du concurrent. Des enquêtes sont menées sur le prix des farines de blé, en vrac auprès des détaillants il coûte 2 000 *Ariary* le Kg et le prix unitaire en sachet plastique de 1kg s'élève à 2 990 *Ariary* dans les grandes surfaces. Ainsi, le prix d'1Kg des biscuits secs à base de farine de blé peut atteindre 6 000 *Ariary*.

I-6-3-Publicité et promotion

Concernant la publicité et la promotion, les caractéristiques suivantes ont été adaptées :

- Autorisation de visite de l'usine,
- Emballage et conditionnement adéquats et attirants,
- Sponsoring divers dont action qualitative, plaquette, calendrier, T-shirt, stylo,...
- Lancement des produits finis par des dégustations gratuites.

I-6-5-Ponctualité

La ponctualité s'explique par un marché régulier et permanent avec l'existence en continue de la matière première.

I-7- Localisation, site et environnement de l'usine implantée

Le choix de l'emplacement de l'usine est basé sur des calculs détaillés dans le dossier technique. Ainsi, l'emplacement adéquat confère à la région Itasy, c'est-à-dire dans la partie Moyen Ouest de Madagascar parmi les pôles fournisseurs de produits vivriers. Cet emplacement est favorable puisque plus proche de la zone productrice de la matière première « sorgho » et plus proche des consommateurs. [25]

II- Dossier technique

II-1-Matière première

Les ingrédients utilisés pour la fabrication de biscuits secs à base de farine de sorgho sont énumérés « dans le tableau n°33 ».

TABLEAU 33: Matières premières utilisées pour la fabrication de biscuits secs à base de farine de sorgho

Produit Ingrédients	Pourcentage en poids de la farine (%)
Farine de sorgho	50
Farine du blé	50
Sucres	40
Huiles	10
Eau	2
Sel	1
Levure	1
Bicarbonate de soude	1

II-2-Procédé de fabrication de farine de sorgho

II-2-1-Les différentes étapes de fabrication de farine de Sorgho sont indiquées dans la figure n°11.

II-2-2- Ingrédients mis en œuvre par jour

L'usine de transformation consomme 3 tonnes de farine par jour, compte tenu des ingrédients à utiliser sur la liste ci-dessous:

TABLEAU 34 : Quantités d'ingrédients prévus utilisés par jour pour la transformation

farine de sorgho (Kg)	1500
farine de blé (Kg)	1500
Œufs	1500
Sucre (Kg)	1200
huile (l)	300
Eau (l)	60
Bicarbonade de soude (Kg)	30
Levure (Kg)	30
Sel (Kg)	30

II-3 Mécanisme de production de farine de sorgho

Le mécanisme de production de farine de sorgho se résume dans le tableau ci-après qui indique les différentes étapes de fabrication avec la performance des machines utilisées et les matériels d'accompagnement. Aussi, le nombre d'ouvriers nécessaire est donné sur ce tableau avec mention des différentes équipes et de leurs horaires respectifs.

TABLEAU 35: Mécanisme de production de biscuits secs à base de farine de sorgho

	Rdt %	Matière sortante.	Bilan Matière	Caractéristique machine (Kg)	Unité	Durée (mn)	Matériel d'accompagnement
pesage MP	100	100,0	3 00,0	1000	balance	10	spatule
pétrissage	100	100	3 00,0	2000	pétrin	35	
laminage	100	100	3 000,0	1000	laminoir	30	table
Façonnage (perte 2%)	98	98	2 940,0	1000	personne	30	table de façonnage
Cuisson (rdt du produit bB)	71,93	70,4914	2 114,74	1000	four	25	gant
refroidissement	100	70,4914	2 114,74	2000	table	15	
pesage	100	70,4914	2 114,74	500	balance	10	
Conditionnement pour 1kg	100	70,4914	2 114,74	1000	personne	15	table
Etiquetage	100	70,4914	2 114,74	1000	personne	10	table
Mise en carton	100	70,4914	2 114,74	1000	personne	5	table
Stockage	100	70,4914	2 114,74	1000	personne	5	
Rendement			0,70				
Nombre de biscuits par sachet de 1Kg				500,0			
Nombre de sachets de 1Kg				2 114,74			

	Durée pour 1 unité (mn)	Durée souhaitée (mn)	Nbre d'unités théoriques	Nombre d'unités retenues	Equipes	horaire	Nbr de pers	nbre ouvriers
pesage MP	300,0	120	2,5	0,3	I	7h à 9h	1	8
pétrissage	525,0	360	1,5	1,5	II	8h à 14h	1	
laminage	900,0	480	1,9	1,9	II	9h à 17h	2	
Façonnage (perte 2%)	882,0	360	2,5	2,5	I	9h30 à 15h30	2	
Cuisson (rdt du produit bB)	528,7	360	1,5	1,5	II	10h A 16h	1	
refroidissement	158,6	90	1,8	2,8	II	16h à 17h30	2	
pesage	422,9	180	2,3	2,3	III	16h30 à 19h30	2	
Conditionnement pour 1kg	317,2	90	3,5	3,5	III	17h30 à 19h	3	
Etiquetage	211,5	60	3,5	3,5	III	19h à 20h	3	
Mise en carton	105,7	30	3,5	3,5	III	19h30 à 20h	3	
Stockage	105,7	30	3,5	3,5	III	20h à 20h30	3	

Les coûts sont basés sur les coûts en vigueur en 2009

Le tableau n°35 renseigne que l'usine emploie 8 ouvriers, à raison de 8heures de travail par jour pour 3 équipes (I, II et III), soit 2.040mn (34h/jr) au total. Le groupe I, constitué de 3 personnes travaillant ensemble ou en rotation selon le planning de travail et le nombre de personnes nécessaire à l'étape considérée 8heures par jour, de 7h à 15h. L'équipe II formée de 2 personnes, va commander, contrôler et assurer le bon fonctionnement des machines de pétrissage, du laminage et du four, pour 10h/jr chacun de 8h à 17h. Le groupe III constitué de 3 personnes va opérer à partir du pesage des produits finis après refroidissement jusqu'au stockage, pendant 4h/jr de 16h30 à 20h30.

La capacité de traitement de l'usine traite 3.000Kg de farine (1.500Kg de farine de sorgho et 1.500Kg de farine de blé) par jour pour une capacité de production de 21 17 sachets de 1kg de biscuit sec par jour.

Le rendement de production estimé est de 70%.

Organisation du travail

On admet que:

L'installation pilote travaille 14 heures au maximum le jour, composée de 3 groupes d'équipe.

L'usine tourne 6jours sur 7, avec une semaine déduite de 4 jours (2jours pour la fête de Noël, 2 autres jours pour le nouvel an). Ainsi, l'usine fonctionne 313 jours pendant une année : $365\text{jours} - [(1 \times 4 \times 12) - 4] = 313\text{jours}$

A pleine charge, la capacité de l'installation requiert 3.000 Kg de farine par jour. L'usine doit disposer d'une matière première de 939 tonnes de farine composite (313jr x 3tonnes) pour travailler pendant 4.382 heures par an (14h /jr x 313jrs).

II-4-Calcul du coût unitaire

De la matière première (farine de sorgho) aux produits finis (biscuit), nous avons fait des calculs sur les différentes charges de la société ont été effectuée pour en tirer le prix unitaire du produit fini.

II-4-1-Dépenses techniques annuelles d'exploitation

Ce paragraphe va essayer d'établir le calcul des charges de production, des charges du personnel et des autres charges de l'entreprise.

II-4-1-1-Charges de production

« Le tableau n°36 » suivant dresse les différentes dépenses imputables à la production des biscuits secs à base de farine de sorgho à 50%.

TABLEAU 36 : Charges de production

Dénomination		Quantités consommées/jr	Quantités consommées/an	PU (Ar)	Prix (Ar)/jr	Prix (Ar)/an
MP	Farine de sorgho (Kg)	1.500	469.500	657 [7]	985.500	308.461.500
	Farine de blé (Kg)	1.500	469.500	1.600	2.400.000	751.200.000
	Œufs	1.500	469.500	220	330.000	103.290.000
	Sucre (Kg)	1.200	375.600	1.700	2.040.000	638.520.000
	Huile (l)	300	93.900	3.000	900.000	281.700.000
	Bicarbonate de soude (Kg)	30	9.390	1.000	30.000	9.390.000
	Levure (Kg)	30	9.390	150	4.500	1.408.500
	Sel (Kg)	30	9.390	700	21.000	6.573.000
Fluides et énergie	eau	7	2.191	150	1.050	328.650
	électricité (kw/h)	43	13.459	200	8.600	2.691.800
Emballage	Sacs plastiques	2.200	688.600	20	44.000	13.772.000
	Carton	42,29	13.236,77	250	10.572,5	3.309.192,5
	colle (litre)	0,5	156,5	1.000	500	156.500
	étiquettes	2.200	688.600	20	44.000	13.772.000
				Total	6819722,5	2.134.573.142,50

Les détails de ce tableau sont :

♦ MP

L'usine traite 3.000kg de farine (1.500Kg de farine de sorgho et 1.500 Kg de farine de blé) par jour pour produire 2.114 ,7 d'unités de sachets plastiques contenant chacune 1 Kg de biscuits à base de sorgho/jr.

♦ Fluides et énergie

Concernant l'eau utilisée dans l'usine, l'ingrédient pour 3.000Kg de farine utilisé dans la fabrication du biscuit sec nécessite 0,6 litre soit 0,0006 m³ d'eau ; l'eau de lavage du personnel matériel et d'équipement est évaluée à 6m³. Ainsi, l'usine utilise à peu près 7m³ d'eau.

Pour l'électricité, les consommations des différents matériels mis en oeuvre dans l'usine sont détaillées « dans le tableau n°37 »:

TABLEAU 37: Tableau de consommation d'énergie par jour respective aux différents matériels

Matériels	Nombre	Puissance (kw/h) /jr
Balance électrique	2	5
pétrin	1	12
laminoir	1	12
four	1	12
soudes sacs	1	2
Total de la quantité consommée par jour		43

Comme l'indique le tableau du mécanisme de production du biscuit à base de farine sorgho (tableau n°35), le conditionnement des produits finis nécessite 2.114,7 sacs plastiques et 42,29 cartons par jour (50 sacs /carton). L'emballage et le conditionnement des biscuits produit nécessitent des étiquetages, et l'étiquetage des colles. Sur les cartons, donc il faudrait 2.114,7 étiquettes et 0,5 litre de colle.

II-4-1-2-Charge du personnel

La charge du personnel comprend les charges sur les ressources humaines et les charges sociales

♦ Ressources humaines

Les rémunérations du personnel sont détaillées « dans le tableau n°38 »:

TABLEAU 38 : Charge du personnel

Fonction	Qualification	Nombre	Heure de travail/jr	Salaire (Ar)	Coût total du personnel/mois	Coût total/an (Ar)
Responsable	Ingénieur IAA	1	8	1.200.000	1.200.000	14.400.000
Responsable commercial, administratif et financier	Bac+5, gestion, économie	1	8	600.000	600.000	7.200.000
Responsable production, technique et qualité	Ingénieur IAA	1	8	1.000.000	1.000.000	12.000.000
Secrétaire	Bac + 3, comptabilité	1	8	200.000	200.000	2.400.000
Mains d'œuvre (ouvriers)	BEPC	8	8	90.000	720.000	8.640.000
Chauffeurs	Bac, permis de conduire	1	8	150.000	150.000	1.800.000
Gardiens	BEPC	2	12	100.000	200.000	2.400.000
					Total	48.840.000

♦ Charges sociales

Les charges sociales sont

OSTIE : 5% de la masse salariale du personnel, donc 2.202.000 Ar

CNAPS : 8% de la masse salariale du personnel, donc 3.523.200 Ar

Ainsi, la charge du personnel s'élève à 48.840.000 + 2.442.000 + 3.907.200=55.189.200Ar. Soit en totalité : 55.189.200 Ariary.

II-4-1-3-Autres charges

Les autres charges rassemblent l'entretien et la réparation, le frais de gestion de l'entreprise et l'amortissement des matériels.

- L'entretien et la réparation sont évalués à 100.000 Ar
- Les frais de gestion et d'administration (bureau, poste, téléphone, papeterie,...) sont estimés à 100.000 Ar.
- L'amortissement des matériels est évalué à 4.398.660 Ar d'après le tableau n°39.

TABLEAU 39 : Coûts des différents matériels et de leurs amortissements par an

Matériel	Nombre	Prix Unitaire (Ar)	Coût (Ar)	Durée de vie	Amortissement	Entretien	Total
Balance électrique	2	500.000	1.000.000	10	100.000		100.000
pétrin	1	7.436.000	7.436.000	10	743.600	744	744.344
laminoir	1	6.320.600	6.320.600	10	632.060	632	632.692
four	1	28.730.000	28.730.000	10	2.873.000	2.873	2.875.873
Soudes sacs	1	500.000	500.000	10	50.000	50	50.050
				Total	4.398.660	4.299	4.402.959

NB : Ces équipements et matériels de l'usine de transformation sont achetés toutes taxes comprises.

II-4-1-4- Dépense totale par an (DT/an)

Ainsi, la dépense totale par an (DT/an) de l'entreprise est récapitulée « dans le tableau n°40 »:

TABLEAU 40 : Somme des dépenses annuelles de l'usine

Dénomination	Prix unitaire (Ar)
Matières premières (tableau n°36)	2.100.543.000
Fluides et énergie	3.020.450
Emballage et matériels de conditionnements	27.700.500
Charge du personnel	55.189.200
Entretien et réparation	100.000
Frais de gestion et d'administration	100.000
Amortissement matériel	4.398.660
Total	2.191.051.810

II-4-2- Coût unitaire (CU)

Le coût unitaire (CU) englobe la somme des charges et des frais sur les distributions et circulations des produits.

Si l'usine est implantée dans la région Itasy, les produits finis (biscuit sec) doivent être transportés de la région du Moyen Ouest (Itasy) vers Antananarivo. Le camion livre 2.114,7Kg de biscuits secs à base de sorgho par jour. Le coût du transport est de 100.000 Ariary, soit 18.780.000 Ariary par an (313 x 60.000Ar). Ainsi la somme des dépenses est de 2.191.051.810 + 18.780.000 = 2.209.831.810 Ariary par an.

♦ Coût unitaire de production :

CU : $\frac{DT}{MP}$

Le coût unitaire (CU) indique la somme des charges et des frais sur les distributions et circulations des produits sur le coût de la matière première utilisée MP.

DT : 2.209.831.810 Ariary

MP : production estimative de biscuit en une année : 2.114,7kg x 313 jr pour une année, soit 661.901Kg

Ainsi, le prix unitaire du produit donne :

$$CU : \frac{2.209.831.810}{661.901} : 3.338,61$$

L'usine perçoit 20% de bénéfice soit 667,72 Ariary, ainsi à la sortie de l'usine le prix d'un kilo de biscuits secs à base de sorgho est de 4.006,33 Ariary (3.338,61 + 667,72 Ariary).

Le CU d'1Kg de biscuit sec à base de sorgho est évalué à 4.006,33 Ariary à la sortie de l'usine.

Pour l'évacuation de la production, l'entreprise aura 2 (deux) circuits de distribution :

- Circuit long : usine $\xrightarrow{20\%}$ grossistes $\xrightarrow{10\%}$ détaillants $\xrightarrow{5\%}$ consommateurs

3338,61	4006,33	4406,96	4627,31
---------	---------	---------	---------

Les grossistes bénéficient 20%, le prix sorti de l'usine vaut 4.006,33Ar. Les grossistes prennent 10% pour leur part, donc 4.406,96 Ar pour les détaillants. Ainsi, le produit rendu aux consommateurs s'élève à 4.627,31 Ar le kilo.

- Circuit court : usine $\xrightarrow{20\%}$ détaillants $\xrightarrow{15\%}$ consommateurs

3338,61	4006,33	4627,31
---------	---------	---------

Le produit arrivé aux consommateurs coûte 3.839 Ar, l'unité suivant ce circuit de distribution (3.839,40 Ariary arrondi).

Le prix de vente d'un sachet de 1Kg de biscuit à base de sorgho varie de 4.627,31 à 3.839,40 Ariary, lequel sera fixé à **4.200 Ariary** le kilo aux alentours de la Capitale de Madagascar.

II-4-3- Justification du choix du site d'implantation

Des recherches en fonction du site d'emplacement de l'usine ont été accomplies. Le Moyen Ouest de Madagascar remplit les conditions d'implantation nécessaire à l'usine à savoir :

- La matière première, le sorgho, y est cultivée compte tenu du climat, avec une teneur en eau exigée par certaines destinations et par la durée du transport comme déjà annoncés auparavant.
- L'infrastructure existant dans la région de l'Itasy y répond convenablement : source d'énergie, énergie solaire, électricité et accès à l'eau potable.
- Une étude d'impact sur l'environnement a été réalisée sur le site choisi de la commune d'Analavory (Région Itasy). Toutes industries agroalimentaires doivent respecter l'environnement, elles sont soumises à une autorisation conformément aux dispositions des textes réglementaires en vigueur de la loi 99.021 du 19 Août 1999 relatives à la politique de gestion et de contrôle des pollutions industrielles.

Ainsi, il a été retenu que l'usine est à implanter dans la région de l'Itasy, au Moyen Ouest de Madagascar.

III- Dossier financier

Cette partie est axée sur la rentabilité du projet.

III-1-Plan d'implantation de l'usine

Selon les études effectuées précédemment, l'usine sera implantée au Moyen Ouest de Madagascar, dans la région de l'Itasy près des matières premières, moyennant des moindres dépenses, pour fabriquer un produit meilleur à faible coût... .

III-1-1-Plan de l'usine

Il s'agit d'un type d'usine en U avec deux avantages :

- extension possible sur cinq faces,
- accès sur une seule face de terrain,

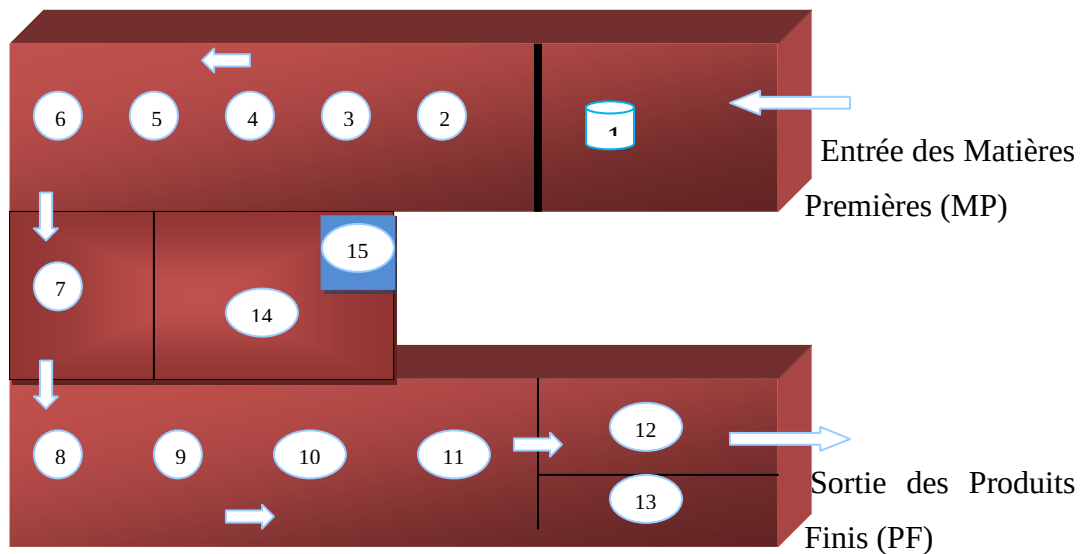


Figure 31 : Plan de l'usine vue du haut

1 : Salle de stockage des MP	6 : Cuisson	11 : Mise en carton
2 : Pesage des MP	7 : Salle de refroidissement	12 : Stockage des PF
3 : Pétrissage	8 : Pesage des PF	13 : Salle de stockage des emballages
4 : Laminage	9 : Conditionnement	14 : Bureau
5 : Façonnage	10 : Etiquetage	⇒ : Flux de la production
		15 : Sanitaire et vestiaire

III-2-Dossier économique

III-2-1-Dépenses d'investissement

- ♦ Terrain et aménagement : il faut aménager (drainage, stabilisation) un terrain de 1000m² dont la valeur est estimée à 12.000 Ariary /m², soit 12.000.000 Ariary au total
- ♦ Construction : le bâtiment occupe une surface au sol de 600m². Son coût de construction s'élève à 35.000Ar/m², soit 21.000.000 Ar au total.
- ♦ Matériels (cf. tableau n°39), les montants de leur amortissement par an valent 4.398.660 Ariary. Le coût total est donc évalué à 4.402.959 Ariary.

III-2-2- Investissements

- ♦ Stock de matière première : 2.100.543.000 Ariary (cf. tableau n°40).
- ♦ Fonds de roulement : équivalent à 1an (313jours) de production 2.114,7 de sac de 1kg, à raison de 4006,33 Ariary le kg à la sortie de l'usine, soit 2.651.798.172 Ariary.
- ♦ Pièce de rechange : le coût d'un stock de sécurité sécurisé de pièces de rechange est normalement estimé à 15% du total des matériels, c'est-à-dire : 4.402.959Ariary x 15% :660.443,85 Ariary.
- ♦ Frais de premier établissement : dans cette nouvelle entreprise industrielle, les frais de premier établissement s'élèvent à 10.000.000 Ariary.

Les dépenses techniques d'exploitation avec les autres, telles celles d'entretien et de réparation, d'administration et de gestion et des dotations aux amortissements, sont évaluées à 2.191.051.810 Ariary (cf. tableau n°40).

III-2-3-Evaluation financière et économique

III-2-3-1-Bilan comparatif

Les données pour le calcul du capital investi sont détaillées « dans le tableau n°41 »:

TABLEAU 41 : Capital investi I (charges calculées)

Charges	Montants (Ar)
Charges de production (Tab 40)	2.191.051.810
Terrain et aménagement	12.000.000
Construction	21.000.000
Fonds de roulement	2.651.798.172
Pièces de rechange	660.443,85
Frais de premier établissement	10.000.000
Capital investi I	4.886.510.426

III-2-3-2-Calcul de la VAN (Valeur Actuelle Nette)

$$VAN : \frac{MBA [1-(1+t)^{-n}] - I}{t}$$

avec MBA : 2.319.567.269 Ariary (cf. détails du calcul en annexe IX)

t : 10%, n : 5ans d'où $[1-(1+0,1)^{-5}] : 3,790787$ d'après le n°4 des tables financières
0,1

Ainsi, VAN : $2.319.567.269 \times 3,790787 - 4.886.510.426 = 3.906.475.022$

VAN : 3.906.475.022 > 0, donc le projet est rentable

III-2-3-3-Ip (Indice de profitabilité)

L'Ip représente le rapport entre les marges brutes d'autofinancement actualisées et la somme des capitaux investis actualisés.

$$Ip : \frac{\frac{MBA [1-(1+t)^{-n}]}{t}}{I}$$

$\frac{2.319.567.269 \times 3,790787}{4.886.510.426} : 1,80$

Ip : 1,80 > 1 donc, la rentabilité est supérieure au taux exigé

III-2-3-4-TRI (Taux de Rentabilité Interne)

$$0 : \underbrace{\text{MBA} [1-(1+t)^{-n}]}_{f(i)} - I$$

$$f(i) : \frac{I}{\text{MBA}} : \frac{4.886.510.426}{2.319.567.269} : 2,1066$$

Le n°4 des tables financières permet d'obtenir :

i	0,375	i : ?	0,380
f(i)	2,1240	2,1066	2,1057

$$i : 0,375 + (0,380 - 0,375) \frac{2,1240 - 2,1066}{2,1240 - 2,1057} : 0,3797$$

i : 37,97% > 10%, la rentabilité est supérieure au taux exigé t. Ainsi, le projet est rentable.

III-2-3-5-DRCI : Délai de Récupération des Capitaux Investis

Le DRCI est représenté dans le temps au bout duquel le cumul des MBA est égal au montant du capital investi. (cf. détails du calcul en annexe X)

$$\text{DRCI} : 12\text{mois} \times \frac{2.651.798.172 - 1.771.702.329}{1.771.702.329 - 1.553.809.056} : 48,46\text{mois}$$

DRCI : 4 ans 14 jours

Conclusion partielle IV

Il est envisagé d'implanter l'usine de biscuiterie à base de farine de sorgho dans la commune rurale d'Analavory, de la région Itasy (Moyen Ouest de Madagascar).

Le rendement de production de biscuits secs à base de sorgho est évalué à 70% avec une production de 2.114,7 Kg par jour à raison de 4.006,33 Ariary le kilo à la sortie de l'usine.

Le projet est rentable avec une Valeur Actuelle Nette de 3.906.475.022 Ariary, avec un Indice de profitabilité 1,80 supérieur à 1, un Taux de Rentabilité Interne de 37,97% et un Délai de Récupération des Capitaux Investis de 4 ans et 14jours. De plus, aux alentours de la Capitale de Madagascar, le prix de 1Kg de biscuit sec est maintenu à 6.000 Ariary, alors que le coût unitaire de ce nouveau biscuit sec à base de farine de sorgho est estimé seulement à 4.200 Ariary.

Bref, la réalisation de cette proposition de recherche n'est valable ni envisageable, sans la collaboration de plusieurs personnes telles que les partenaires potentiels, les bailleurs pour le financement du projet, sans oublier la performance du promoteur.

CONCLUSION GENERALE

Le biscuit est un aliment à base de farine alimentaire, de matières sucrantes, de matières grasses, d'œufs et de tous les autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés et susceptibles, après cuisson, de conserver leurs qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (pâtisserie industrielle). Le processus de fabrication du biscuit commence toujours par la préparation des ingrédients, ensuite le pétrissage suivi du laminage accompagné du façonnage puis la cuisson et se termine par un refroidissement des produits finis.

L'essai de fabrication de biscuits secs à base de farine de sorgho dénommés bA à bE est réalisé suivant des dosages allant de 25 à 100% en fonction de la farine de sorgho, dans les mêmes conditions de préparation. Pour la biscuiterie sèche courante, le développement D doit être compris entre 2 et 4. Les résultats obtenus indiquent que pour le biscuit sec bA de référence à 100% de farine de blé, le développement D donne 1,99 et ensuite 2 pour le biscuit sec bB à 25 % de farine de sorgho incorporée et 75% farine de blé, qualité attribuable à sa teneur en protéines plus élevée contribuant à en assurer une matrice bien formée et ainsi à obtenir un produit beaucoup plus développé. Pour le biscuit bC, son développement D est de 6,47, pour le bD il donne 5,77 et 8,30 pour le produit bE. Les produits bA et bB présentent un développement D qui satisfait aux conditions en biscuiterie sèche. Concernant l'évaluation sensorielle sur 82 sujets, les résultats informent que les biscuits secs bB (25% de farine de sorgho) et bC (50% de farine de sorgho) ont reçu la même préférence globale des consommateurs. Il en est déduit que l'addition de 25 à 50% de farine de sorgho dans l'ingrédient paraît acceptée par les consommateurs. A partir des différentes analyses statistiques des données établies sur l'évaluation sensorielle, il a été observé que le produit bB (25% de farine de sorgho) s'avère plus clair, moins dur possédant une intensité en sucre idéale par rapport au bC (50%). Ainsi, le produit bB (25% de farine de sorgho) a été retenu pour des recherches ultérieures, car il dispose des caractéristiques idéales par rapport à bC. Aussi, le produit bA (0% en farine de sorgho) est conservé comme produit de référence avec bB pour diverses études nutritionnelles.

L'analyse physico-chimique des deux produits bA et bB fait ressortir qu'ils ont à peu près les mêmes caractéristiques. Seulement, au niveau de la teneur en protéines totales, le produit bB offre une valeur élevée par rapport à celle du produit bA, il en est conclu que le sorgho a une teneur élevée en protéines. L'incorporation de farine de sorgho à 25% dans l'ingrédient des biscuits secs devient importante du point de vue organoleptique et nutritionnel.

Pour conclure cette étude, il est envisagé d'implanter l'usine de biscuiterie à base de farine de sorgho dans la commune rurale d'Analavory, de la région Itasy (Moyen Ouest de Madagascar). Son rendement en biscuits secs à base de farine de sorgho est évalué à 70%, avec une production de 2.114,7 Kg par jour. A la sortie de l'usine, le coût de 1Kg de biscuit sec à base de farine de sorgho est estimé à 4.006,33 Ariary. Le projet sera rentable avec une Valeur Actuelle Nette de 3.906.475.022 Ariary, un Indice de profitabilité 1,80 supérieur à 1, un Taux de Rentabilité Interne de 37,97%, son Délai de Récupération des Capitaux Investis demande 4 ans et 14jours.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie :

- [1] KIGER, J.L., 1967, Techniques moderne de la biscuiterie-pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime, Paris DUNOD, Tome I.
- [2] LAROUSSE, P. et AUGE, C., 1979, petit Larousse illustré, librairie Larousse 17, rue du Montparnasse, et boulevard Raspail, 114.Paris Vie.
- [3] KIGER, J.L., 1967, Techniques moderne de la biscuiterie-pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime, Paris DUNOD, Tome II.
- [4] FEILLET, P., 1965, Contribution à l'étude des protéines du blé. Influence génétique, agronomiques et technologiques, INRA, Paris.
- [5] PRUD'HOMME, J., 1983, Nouvelles techniques biscuitières et pâtisseries, conférences du symposium international, Lavoisier Paris.
- [6] FAUCHMAN, W., SOUCI, S.W., KRAUT, H., 1994, Composition des aliments, tableau des valeurs nutritives, *Scientific Publishers*.
- [7] RANDRIANARISON, T., 2009, Technique de production et utilisation de la farine de sorgho (contribution à la lutte contre la malnutrition dans le Sud de Madagascar), mémoire de fin d'études, département Industries Agricoles et Alimentaires.
- [8] ANDRIANTOMPOHAJA, R., 1985, Contribution à l'amélioration du rendement de la fabrication des biscuits secs à la société J.B, mémoire de fin d'études, département Industries Agricoles et Alimentaires.
- [9] RANDRIAMPENO, M. R., 1997, Contribution à la standardisation de la valeur nutritionnelle des biscuits cas de la société J.B, mémoire de fin d'études, département Industries Agricoles et Alimentaires.
- [10] ANDRIANASOLO, H., 1995, Etude comparative des biscuiteries artisanales et industrielles d'Antananarivo, mémoire de fin d'études, département Industries Agricoles et Alimentaires.
- [11] ANDIAMPENOHAJA, A., 1996, La farine de patate douce et son incorporation en pâtisserie et/ou en biscuiterie : une des propositions valables pour la lutte contre la malnutrition du Sud de Madagascar, mémoire de fin d'études, département Industries Agricoles et Alimentaires.
- [12] CHARUM, E.; LORIENT, D., 2005, *Effect of dough mixing conditions and flour biochemical composition on semi sweet biscuit quality*, Thèse de Doctorat, Université de Dijon.
- [13] DIDRY, P. ; COLAS, A., 1984, Tests de qualité de gluten, Guide Pratique d'Analyse dans les industries des céréales. Technique et Documentation, Edition Lavoisier.
- [14] CALVEL, R., 1979, L'emploi du gluten de froment en panification et dans les productions annexes, Bull des Anciens Elèves de l'ENSMIC n° 289.

Webographie :

- [15] AD'com, 2005, Le biscuit, [en ligne], cité le 08/11/08, sur www.a.morand.free.fr/default_zone/fr/html
- [16] LEFEVRE, U., Biscuit, [en ligne], cité le 07/11/08, sur Wikipédia
- [17] ROY, B., L'histoire du biscuit.htm, cité le 08/11/08, sur www.biscuit.com
- [18] Tribune de Madagascar, cité le vendredi 7 novembre 2008
- [19] AVAMO, 2007, biscuiterie, [en ligne], cité le 06/11/08, sur avamo.centerblog.net/2383641-Biscuiterie
- [20] SIGMUND, 1999, Les biscuits tous dans le même panier - Objectif, [en ligne], cité le 08/11/08, sur www.Santé.htm
- [21] NEYRAT, P., 1997, Valeur nutritionnelle (biscuit petit-beurre), [en ligne], cité le 04/09/2001
- [22] SAUTIER, D. ; ODEYE, M. ; NICOLAS ; 1989, Sorgho, [en ligne], cité le 07/06/08, sur Pdf diagramme de fabrication de farine de sorgho
- [23] CODEX STAN 173, 1989, Norme CODEX pour la farine de sorgho, [en ligne], cité le 08/11/08
- [24] ADRIAN, J., 1995 ; PONTUS, J. ; FRANGRE, R. ; 1995, La science alimentaire-Technology of biscuits, [en ligne], cité le 08/11/08 sur www.univ-lille1.fr/pfeda/iaal/biblio.htm
- [25] SERRE, M., 2008, tout sur le sorgho, [en ligne], cité le 07/06/08, sur [www. tout sur le sorgho sur saveur du monde.htm](http://www.tout sur le sorgho sur saveur du monde.htm)
- [26] SIER, N., 2000-2005 , Equipement, matériel pour pâtisserie, boulangerie, biscuiterie, [en ligne], cité le 02/09/09, sur [www. Tunisie - Equipement, matériel pour pâtisserie, boulangerie, biscuiterie.htm](http://www.Tunisie - Equipement, matériel pour pâtisserie, boulangerie, biscuiterie.htm)
- [27] GAINES, 1994 ; Maache-Rezzoug, 1998 ; Protein of flour ; [en ligne], cité le 08/12/09, sur [www. Cuisine,elle.fr/elle/elle-a-table/ingrédients/farine.com](http://www.Cuisine,elle.fr/elle/elle-a-table/ingrédients/farine.com)

Supports de cours :

- [28] RAONIZAFINIMANANA, B., (2006), Méthode d'analyse et de contrôle, cours de 3^{ème} Année, Département des Industries Agricoles et Alimentaires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- [29] RANDRIANTIANA, R., (2008), Analyse sensorielle, cours de 5^{ème} Année, Département des Industries Agricoles et Alimentaires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- [30] RAMAROSON, R.J.B., (2008), Ingénierie, cours de 5^{ème} Année, Département des Industries Agricoles et Alimentaires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- [31] RANAIVOSON, R.L., (2008), Céréales, cours de 5^{ème} Année, Département des Industries Agricoles et Alimentaires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- [32] RAONIZAFINIMANANA, B., (2007), Français technique, cours de 4^{ème} Année, Département des Industries Agricoles et Alimentaires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar.

PARTIE EXPERIMENTALE

Partie expérimentale 1: Mode opératoire du tamisage

Mode opératoire

Disposer par calibre les tamis de différentes dimensions de mailles

- 1- Peser une quantité de farine de sorgho brute (>200g), soit P_0
- 2- Tamiser
- 3- Recueillir chaque tamisât et peser, soient $P_1, P_2, \dots$
- 4- Calculer le rendement pour chaque calibre tamis
- 5- Faire le bilan de tamisage en faisant ressortir le rendement global

Résultats

$P_0 = 208,98g$

Le travail s'est effectué avec des tamis de différente ouverture (0,160mm – 0,125mm – 0,100mm – 0,080mm – 0,063mm) sous laquelle les tamisâts sont recueillis.

On a recueilli ainsi sous chaque tamis :

Le tamisât est calculé par :

$$P_n : P_{n-1} - P'_n$$

Le rendement est calculé par :

$$Rdt_n : \frac{P_n}{P_{n-1}}$$

$P'_1 = 115,21g$ le refus du tamis de 0,160mm d'ouverture ;

$$P_1 = P_0 - P'_1$$

$$P_1 = 208,98g - 115,21g : 93,77g$$

$$Rdt_1 = \frac{P_1}{P_0} = \frac{93,77g}{208,98g} = 0,49 \sim 49\%$$

$P'_2 = 82,18g$ le refus du tamis de 0,125mm d'ouverture ;

$$P_2 = P_1 - P'_2$$

$$P_2 = 93,77g - 82,18g : 11,59g$$

$$Rdt_2 = \frac{P_2}{P_1} = \frac{11,59g}{93,77g} = 0,12 \sim 12\%$$

$P'_3 = 8,33g$ le refus du tamis de 0,100mm d'ouverture ;

$$P_3 = P_2 - P'_3$$

$$P_3 = 11,59g - 8,33g : 3,26g$$

$$Rdt_3 = \frac{P_3}{P_2} = \frac{3,26g}{11,59g} = 0,28 \sim 28\%$$

$P'_4 = 1,06\text{g}$ le refus du tamis de 0,080mm d'ouverture ;

$$P_4 = P_3 - P'_4$$

$$P_4 = 3,26\text{g} - 1,06\text{g} : 2,2\text{g}$$

$$\text{Rdt}_4 = \frac{P_4}{P_3} = \frac{2,2\text{g}}{3,26\text{g}} : 0,67 \sim 67\%$$

$P'_5 = 0,15\text{g}$ le refus du tamis de 0,063mm d'ouverture ;

$$P_5 = P_4 - P'_5$$

$$P_5 = 2,2\text{g} - 0,15\text{g} : 2,05\text{g}$$

$$\text{Rdt}_5 = \frac{P_5}{P_4} = \frac{2,05\text{g}}{2,2\text{g}} : 0,93 \sim 93\%$$

Nous avons choisi d'opérer avec le tamis d'ouverture de 0,160mm ou 160 μm qui est proche de la granulométrie de farine de blé avec un rendement de **49%**.

Partie expérimentale 2: Mesure du développement

Matériels et méthodes

Le développement D (ou degré de levée) d'un produit est le rapport exprimé par un volume chiffrée simple, de son volume V à son poids p, soit l'inverse de la densité d.

$$D = V/p$$

V en cm³

p en g

- Prenons 10 biscuits pour chaque échantillon bA, bB, bC, bD et bE
- Mesurer les diamètres et les épaisseurs des produits avec une règle et un pied à coulisse,
- Mesurer les poids des pâtons à l'entrée du four et les poids des biscuits à la sortie du four, ces mesures avec une balance de précision de 0,0001g de marque *Sartorius analytic* du laboratoire des IAA.
- Calculer les volumes de chacun des biscuits
- Calculer le rendement en volume et en poids de ces derniers
- Déterminer le développement D

TABLEAU 42 : Valeurs retenues du poids des pâtons de l'entrée et poids des biscuits à la sortie du four

Désignation	Numéro de biscuits pesés	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)
0% de farine de sorgho	1	5,52	3,91
	2	6,6	4,36
	3	6,25	4,92
	4	6,6	4,75
	5	5,72	4,59
	6	6,52	4,73
	7	5,42	4,48
	8	6,65	4,07
	9	6,54	4,89
	10	6,4	4,38
Moyenne		6,222	4,508

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

Désignation	Numéro de biscuits pesés	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)
25% de farine de sorgho	1	5,45	3,14
	2	5,45	4,06
	3	5,32	3,81
	4	5,75	4,46
	5	5,32	4,37
	6	5,3	4,96
	7	5,6	3,51
	8	5,7	3,7
	9	5,6	4
	10	5,3	3,4
Moyenne		5,479	3,941
Désignation	Numéro de biscuits pesés	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)
50% de farine de sorgho	1	4,32	3,88
	2	4,23	4,09
	3	4,19	3,58
	4	4,14	3,42
	5	4,13	4,14
	6	4,23	4,4
	7	4,54	4
	8	4,46	3,68
	9	4,64	3,59
	10	4,2	3,94
Moyenne		4,308	3,872

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

Désignation	Numéro de biscuits pesés	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)
75% de farine de sorgho	1	4,12	3,64
	2	4,55	3,99
	3	4,97	4,22
	4	4,3	4,11
	5	4,25	4,36
	6	4,65	3,88
	7	4,36	3,96
	8	4,14	4,47
	9	4,9	3,74
	10	4,32	4,55
Moyenne		4,456	4,092
Désignation	Numéro de biscuits pesés	Poids à l'entrée du four (g)	Poids à la sortie du four (g)
100% de farine de sorgho	1	5,45	4,27
	2	5,45	3,74
	3	5,32	3,98
	4	5,75	3,56
	5	5,32	3,68
	6	5,3	3,34
	7	5,6	3,54
	8	5,7	3,61
	9	5,32	3,51
	10	5,2	3,48
Moyenne		5,441	3,671

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

TABLEAU 43 : Valeurs retenues de l'épaisseur, du diamètre et du volume des pâtons à l'entrée du four

Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à l'entrée du four (cm)	diamètre à l'entrée du four (cm)	Volume à l'entrée du four (cm ³)
0% de farine de sorgho	1	0,3	3,8	3,40
	2	0,3	3,8	3,40
	3	0,3	3,8	3,40
	4	0,3	3,8	3,40
	5	0,3	3,8	3,40
	6	0,3	3,8	3,40
	7	0,3	3,8	3,40
	8	0,3	3,8	3,40
	9	0,3	3,8	3,40
	10	0,3	3,8	3,40
Moyenne		0,3	3,8	3,40
Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à l'entrée du four (cm)	Diamètre à l'entrée du four (cm)	Volume à l'entrée du four (cm ³)
25% de farine de sorgho	1	0,3	3,8	3,40
	2	0,3	3,8	3,40
	3	0,3	3,8	3,40
	4	0,3	3,8	3,40
	5	0,3	3,8	3,40
	6	0,3	3,8	3,40
	7	0,3	3,8	3,40
	8	0,3	3,8	3,40
	9	0,3	3,8	3,40
	10	0,3	3,8	3,40
Moyenne		0,3	3,8	3,40

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à l'entrée du four (cm)	diamètre à l'entrée du four (cm)	Volume à l'entrée du four (cm ³)
50% de farine de sorgho	1	0,3	3,8	3,40
	2	0,3	3,8	3,40
	3	0,3	3,8	3,40
	4	0,3	3,8	3,40
	5	0,3	3,8	3,40
	6	0,3	3,8	3,40
	7	0,3	3,8	3,40
	8	0,3	3,8	3,40
	9	0,3	3,8	3,40
	10	0,3	3,8	3,40
Moyenne		0,3	3,8	3,40
Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à l'entrée du four (cm)	Diamètre Ø à l'entrée du four (cm)	Volume à l'entrée du four (cm ³)
75% de farine de sorgho	1	0,3	3,8	3,40
	2	0,3	3,8	3,40
	3	0,3	3,8	3,40
	4	0,3	3,8	3,40
	5	0,3	3,8	3,40
	6	0,3	3,8	3,40
	7	0,3	3,8	3,40
	8	0,3	3,8	3,40
	9	0,3	3,8	3,40
	10	0,3	3,8	3,40
Moyenne		0,3	3,8	3,40

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à l'entrée du four (cm)	diamètre à l'entrée du four (cm)	Volume à l'entrée du four (cm ³)
100% de farine de sorgho	1	0,3	3,8	3,40
	2	0,3	3,8	3,40
	3	0,3	3,8	3,40
	4	0,3	3,8	3,40
	5	0,3	3,8	3,40
	6	0,3	3,8	3,40
	7	0,3	3,8	3,40
	8	0,3	3,8	3,40
	9	0,3	3,8	3,40
	10	0,3	3,8	3,40
Moyenne		0,3	3,8	3,40

TABLEAU 44 : Valeurs retenues de l'épaisseur, du diamètre et du volume des biscuits à la sortie du four

Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à la sortie du four (cm)	diamètre à la sortie du four (cm)	Volume à la sortie du four (cm ³)
0% de farine de sorgho	1	0,6	3,8	6,80
	2	0,6	3,8	6,80
	3	0,5	3,9	5,97
	4	0,6	3,8	6,80
	5	0,5	3,8	5,67
	6	0,6	3,8	6,80
	7	0,7	3,8	7,94
	8	0,6	3,9	7,17
	9	0,6	3,9	7,17
	10	0,6	3,8	6,80
Moyenne		0,59	3,83	6,80

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à la sortie du four (cm)	Diamètre à la sortie du four (cm)	Volume à la sortie du four (cm ³)
25% de farine de sorgho	1	0,6	3,8	6,80
	2	0,5	3,9	5,97
	3	0,5	3,9	5,97
	4	0,5	3,9	5,97
	5	0,6	3,8	6,80
	6	0,6	3,9	7,17
	7	0,6	3,8	6,80
	8	0,5	3,9	5,97
	9	0,5	3,9	5,97
	10	0,6	3,9	7,17
Moyenne		0,55	3,87	6,47
Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à la sortie du four (cm)	Diamètre à la sortie du four (cm)	Volume à la sortie du four (cm ³)
50% de farine de sorgho	1	0,6	3,9	7,17
	2	0,6	3,9	7,17
	3	0,7	3,9	8,36
	4	0,5	3,9	5,97
	5	0,7	3,9	8,36
	6	0,6	3,9	7,17
	7	0,6	3,8	6,80
	8	0,6	3,9	7,17
	9	0,5	3,9	5,97
	10	0,7	3,9	8,36
Moyenne		0,61	3,89	7,25

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à la sortie du four (cm)	diamètre à la sortie du four (cm)	Volume à la sortie du four (cm ³)
75% de farine de sorgho	1	0,5	3,9	5,97
	2	0,6	3,8	6,80
	3	0,5	3,8	5,67
	4	0,5	3,9	5,97
	5	0,4	3,8	4,54
	6	0,4	3,8	4,54
	7	0,5	3,8	5,67
	8	0,5	3,8	5,67
	9	0,5	3,8	5,67
	10	0,4	3,8	4,54
Moyenne		0,48	3,82	5,50
Désignation	Numéro de biscuits mesurés	Epaisseur à la sortie du four (cm)	diamètre à la sortie du four (cm)	Volume à la sortie du four (cm ³)
100% de farine de sorgho	1	0,4	3,9	4,78
	2	0,5	3,8	5,67
	3	0,4	3,8	4,54
	4	0,4	3,9	4,78
	5	0,4	3,8	4,54
	6	0,4	3,8	4,54
	7	0,4	3,8	4,54
	8	0,5	3,8	5,67
	9	0,4	3,8	4,54
	10	0,4	3,8	4,54
Moyenne		0,42	3,82	4,81

Partie expérimentale 3 : Matériels, méthode et résultats de détermination de la teneur en eau

Matériels

- Balance analytique : Sartorius avec précision de 10^{-4} gramme
- Capsule à fond plat en verre
- Etuve électrique
- Dessiccateur

Mode opératoire

- Peser $5 \pm 0,001$ g du broyat du biscuit sec à base de sorgho (soit P_1) dans une capsule qu'on a tarée avec son couvercle (soit P_0)
- Porter à l'étuve réglée à 103 ± 2 °C pendant 4 heures
- Laisser refroidir dans un dessiccateur. Peser (soit P_2)

$$\% \text{Humidité} : \frac{(P_1 - P_0) - (P_2 - P_0)}{(P_1 - P_0)} \times 100$$

- Mettre 3 prises d'essai à l'étuve. Faire la moyenne des 3 déterminations.

Résultats

Echantillon bA: Biscuit à 0% de farine de Sorgho - 100% de farine de blé

Calcul de l'humidité de l'échantillon numéro 1 : H_1

TABLEAU 45 : Données des résultats d'analyse de l'humidité du produit bA

Nombre de prise de l'échantillon	P_0	P_1	P_2	%Humidité
1	54,6905	59,6911	59,4387	$H_1 : 5,05$
2	45,0626	50,0636	49,8164	$H_2 : 5,94$
3	44,7295	49,7305	49,4813	$H_3 : 5,98$
Moyenne		Moyenne : $H_1 : \frac{H_1 + H_2 + H_3}{3}$		$H_1 : 4,99$

Echantillon bB : Biscuit à 25% de farine de Sorgho - 75% de farine de blé

Calcul de l'humidité de l'échantillon numéro 2 : H_{II}

TABLEAU 46 : Données des résultats d'analyse de l'humidité du produit bB

Nombre de prise de l'échantillon		P_1	P_2	%Humidité
1	45,0606	50,0621	49,7966	$H_1 : 5,31$
2	54,6884	59,6903	59,4563	$H_2 : 4,68$
3	44,727	49,728	49,4464	$H_3 : 5,63$
Moyenne		Moyenne : $H_{II} : \frac{H_1 + H_2 + H_3}{3}$		$H_{II} : 5,21$

Partie expérimentale 4 : Matériels, méthode et résultats de détermination de la teneur en matières grasses

Matériels

- Appareil d'extraction continu : SOXHLET
- Cartouche d'extraction garni de papier filtre dégraissé
- Coton
- Etuve électrique, réglée pour opérer à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Dessiccateur
- Balance analytique, *Sartorius*
- Chauffe ballon
- Rotavapor
- Ballon à fond plat

Mode opératoire

- Broyer 10g de la poudre du biscuit
- Sécher l'échantillon pendant 1h à l'étuve réglée à $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, puis refroidir
- De ce lot sec, peser 5 ± 0.001 (soit P_1) dans une cartouche dont on a enlevé la tare.
- Fermer celle-ci (coton ou papier filtre) et la mettre dans le soxhlet. Celui-ci sera mené sur un ballon taré (soit P_2) dans lequel on a versé environ 200ml de solvant (hexane) et 2 pierres ponce ou billes.
- Disposer le tout sur une chauffe ballon
- Ajouter le réfrigérant à reflux
- Brancher le chauffe ballon à une prise électrique
- Ouvrir le robinet d'eau et laisser chauffer pendant 4h
- A bout de ce temps, couper le chauffage, attendre que tout soit tiède, ensuite démonter le tout et évaporer le solvant.
- Attendre que le produit soit ramené à la température ambiante puis peser (soit P_3).

	$(P_3 - P_2)$
%Huile :	$\frac{\quad}{P_1} \times 100$

Résultats

Echantillon bA : Biscuit à 0% de farine de Sorgho - 100% de farine de blé

Calcul du pourcentage en matière grasse de l'échantillon numéro 1 : MG_I

TABLEAU 47 : Données des résultats d'analyse de la teneur en MG du produit bA

Nombre de prise de l'échantillon	P ₁	P ₂	P ₃	%Huile
1	5,0049	129,4618	130,1502	$MG_I : 13,75$
2	5,0047	103,9494	104,6088	$MG_2 : 13,18$
Moyenne	Moyenne : $MG_I : \frac{MG_1 + MG_2}{2}$			$MG_I : 13,47$

Echantillon bB : Biscuit à 25% de farine de Sorgho - 75% de farine de blé

Calcul du pourcentage en matière grasse de l'échantillon numéro 2 : MG_{II}

TABLEAU 48 : Données des résultats d'analyse de la teneur en MG du produit bB

Nombre de prise de l'échantillon	P ₁	P ₂	P ₃	%Huile
1	5,0018	129,1704	129,8169	$MG_I : 12,93$
2	4,5347	103,6716	104,3232	$MG_2 : 14,37$
Moyenne	Moyenne : $MG_{II} : \frac{MG_1 + MG_2}{2}$			$MG_{II} : 13,65$

Partie expérimentale 5 : Matériels, méthode et résultats de détermination de la teneur en cendres brutes

Matériels

- Balance analytique : *Mettler* H 35
- Plaque chauffante
- Four à moufle électrique avec thermostat
- Creusets à incinération en platine rond

Mode opératoire

- Peser 5 g de l'échantillon à analyser dans une capsule préalablement pesée de masse M_a
- Pré-calciner la capsule contenant la MS sur une plaque chauffante réglée à 100° pendant 30mn
- Introduire cette capsule dans un four à moufle électrique réglée à 550 °C pendant 4h. L'opération est poursuivie jusqu'à ce que le résidu soit devenu blanc.
- Sortir la capsule munie de son échantillon
- Laisser refroidir ensuite la capsule à température ambiante dans un dessiccateur.
- Peser rapidement M_b .

$\%CB : \frac{M_b}{M_a} \times 100$

Résultats

Echantillon bA : Biscuit à 0% de farine de Sorgho - 100% de farine de blé

Calcul du pourcentage en cendre brute de l'échantillon numéro 1 : CB_I

TABLEAU 49 : Données des résultats d'analyse de la teneur en CB du produit bA

Nombre de prise de l'échantillon	M_a	M_b	%Cendre Brute
1	5,0089	0,0927	$CB_I : 1,85$
2	5,0804	0,0968	$CB_2 : 1,91$
3	5,0298	0,0966	$CB_3 : 1,92$
4	5,0113	0,0973	$CB_4 : 1,94$
5	5,0105	0,0939	$CB_5 : 1,87$
Moyenne	Moyenne : $CB_{II} : \frac{CB_1 + CB_2 + CB_3 + CB_4 + CB_5}{5}$		$CB_I : 1,90$

Echantillon bB : Biscuit à 25% de farine de Sorgho - 75% de farine de blé

Calcul du pourcentage en cendre brute de l'échantillon numéro 2 : CB_{II}

TABLEAU 50: Données des résultats d'analyse de la teneur en CB du produit bB

Nombre de prise de l'échantillon	M_a	M_b	%Cendre Brute
1	5,0122	0,0855	$CB_I : 1,71$
2	5,0099	0,096	$CB_2 : 1,92$
3	5,0099	0,0872	$CB_3 : 1,74$
4	5,0097	0,0883	$CB_4 : 1,76$
5	5,0118	0,0889	$CB_5 : 1,77$
Moyenne	Moyenne : $CB_{II} : \frac{CB_1 + CB_2 + CB_3 + CB_4 + CB_5}{5}$		$CB_{II} : 1,78$

Partie expérimentale 6 : Matériels, méthode et résultats de détermination de la teneur en protéines totales

Le but est d'évaluer la teneur en protéines selon la propriété d'azote, en utilisant le procédé standard de détermination de la teneur en azote en alimentation (méthode de *KJELDAHL*).

L'azote organique est minéralisé par voie humide sous forme de sulfates d'ammonium et par action de K_2SO_4 concentré à chaud. Les catalyseurs $CuSO_4$, K_2SO_4 (1/10) activent et améliore la minéralisation. Le sel d'ammonium est déplacé en ammoniac par addition de la soude.

L'ammoniac libéré est entraîné par distillation et recueilli dans une quantité déterminée d' H_2SO_4 puis l'ammoniac est dosé par une solution titrée d' H_2SO_4 après entraînement par vapeur d'eau.

Réactifs

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique :

-L' H_2SO_4 concentré exempt d'azote à 95-97%, $d = 1.84$

Catalyseur de minéralisation :

- K_2SO_4

- $CuSO_4$, H_2O

-Broyer et homogénéiser soigneusement

-Solution d' H_2SO_4 avec indicateur coloré : réactif de *Tashiro*

-Solution concentrée de NaOH à 35%, $d = 1.38$.

-Solution d' H_2SO_4 exactement titrée, environ 0.1N.

Minéralisation

L'échantillon est pesé à 1 mg près, sur une feuille de papier à cigarette non gommé, soit m cette masse. Introduire la prise d'essai dans le matras contenant déjà 3 g de catalyseur et 20 ml d' H_2SO_4 concentré. Sous hotte bien ventilée, on chauffe lentement la prise d'essai (pE) en agitant au début, jusqu'à la disparition de tout le fragment de l'échantillon. Ensuite, on poursuit doucement le chauffage pour déshydrater et carboniser la masse sans oublier d'agiter et de surveiller la formation des mousses parfois abondantes avec les produits gras ; quand les fumées blanches de H_2SO_4 apparaissent, on augmente la température de chauffage jusqu'à obtention du liquide limpide de couleur verte stable. La minéralisation se termine par le refroidissement de l'échantillon minéralisé.

Dosage et distillation

Avant de faire la distillation, il faut préparer l' H_2SO_4 pour piéger la solution.

Le réactif est la solution d' H_2SO_4 à N/10 avec indicateur coloré.

D'une part on dissout 40 g d'acide borique dans de l'eau bouillante dans une fiole jaugée de 1 litre, d'autre part on prépare 10 ml de mélange d'indicateur coloré : rouge de méthyle en solution, le tout à 0,2 ml dans l'alcool à 95 °GL.

Le tout est mélangé et ajusté à 10 ml après refroidissement et on obtient le réactif de TASHIRO.

Le dosage commence par un ajout de 50 ml d'eau distillée, dans le matras de KJELDAHL contenant le liquide de couleur vert, avec précaution on agite pour dissoudre complètement les sulfates.

On le met au niveau du distillateur, et on neutralise la minéralisation par la soude concentrée à 40%. On recueille le distillat dans 40 ml d' H_2SO_4 et le distillat est ajouté de quelques gouttes du réactif de TASHIRO.

La préparation est titrée directement dans le bêcher avec la solution de NaOH à 0,1N jusqu'à un virage de la couleur.

Expression des résultats :

$$P\% : N\% \times 6,25$$

$$\text{avec } N : \frac{14 \cdot 10^{-4} \times n \times V}{m \times 10} \times 100$$

14 : masse atomique de N

$n : v - v'$

v : volume de l' H_2SO_4 à N/10

v' : volume du NaOH à N/10 obtenu pendant la titration

V : volume du liquide de couleur verte obtenu après minéralisation

m : masse de la prise d'essai : 10, 001g

10 : prélèvement dans V pour la distillation

TABLEAU 51 : Données sur les analyses de la teneur en protéine des deux échantillons bA et bB

	bA	bA	bB	bB	bB
H_2SO_4 à N/10 (v en ml)	40	40	40	40	40
NaOH à N/10 (v' en ml)	25	25,5	23	19,5	19,4
n	15	14,5	17	20,3	20,6
N (%)	0,84	0,81	0,95	1,14	1,15
P (%)	5,25	5,07	5,95	7,10	7,21
Moyenne	5,16%		6,75%		

Partie expérimentale 7 : Méthode et résultats de détermination de la teneur en glucides totaux

Méthode

La teneur en glucides totaux est donnée par la relation :

$$G\% : \%MS - (MG + P + CB)$$

G : teneur en glucides totaux, en pourcentage de masse

MS : teneur en Matière Sèche

MG : teneur en matière grasse, en pourcentage de masse

P : teneur en protéines totales, en pourcentage de masse

CB : teneur en cendres brutes, en pourcentage de masse

Avec $\%MS = 100 - \%H$

Résultat

TABLEAU 52 : Calcul de la teneur en glucides totaux du produit bA et du produit bB

	bA	bB
Humidité (%)	4,99	5,21
MS (%)	95,01	94,79
MG (%)	13,47	13,65
P (%)	5,16	6,75
CB (%)	1,90	1,78
G (%)	79,47	74,61

Partie expérimentale 8 : Méthode et résultats de détermination de la valeur énergétique globale du biscuit à base de sorgho

Méthodes

La valeur énergétique globale d'un aliment est la qualité d'énergie libérée par cet aliment lors de la combustion des glucides, des protéines et des lipides par notre organisme. Cette valeur est calculée à partir des indices d'ATWATER.

Selon cette méthode, les coefficients d'utilisation digestive (CUD) de ces nutriments sont :

- 90 à 98% pour les glucides, soit en moyenne 94%
- 60 à 87% pour les protéines, soit en moyenne 74%
- 96 à 98% pour les lipides, soit en moyenne 97%

Les indices d'ATWATER sont 4 Kcal, soit 17 KJ pour 1g de glucide et 1 g de protéine ; 9Kcal, soit 38KJ pour 1g de lipide.

En effet ; l'énergie métabolisable d'un nutriment exprimée en Kcal est obtenue en multipliant son CUD avec son indice d'ATWATER.

De ce fait, la valeur énergétique globale d'un aliment est égale à la somme des énergies métabolisables fournies par les glucides, les lipides et les protéines.

$$VE : (4 \times G) + (9 \times L) + (4 \times P)$$

VE : valeur énergétique apportée pour 100 g d'échantillon

G, L, P : Teneur respective en glucides, en lipides et en protéines

Résultats

TABLEAU 53 : Calcul de la valeur énergétique globale des biscuits à base de sorgho bA et bB

	bA	bB
G (%)	79,47	74,61
L (%)	13,47	13,65
P (%)	5,16	6,75
VE (Kcal)	459,75	448,29

ANNEXES

ANNEXE I : Plan de la recherche

TABLEAU 54 : Plan de recherche

ETAPES	ACTIVITES
1- Organisation interne	• Choisir un encadreur • Planifier la méthodologie • Rechercher un stage adéquat au thème • Demander de collaboration avec des laboratoires d'analyses
2- Evaluation de la situation actuelle de la filière biscuiterie à base de céréale à Antananarivo	• Définir la méthodologie • Se documenter (bibliothèque, navigation,...) • S'entretenir avec des spécialistes • Enquêter des usines de préparation de biscuit artisanal • Regrouper et synthétiser les informations obtenues sur l'étude de la filière biscuiterie à base de céréale
3- Evaluation de la situation actuelle du sorgho à Madagascar	• Définir la méthodologie • Se documenter • Rechercher des grains de sorgho • Evaluer la situation actuelle du sorgho à Madagascar
4- Proposition des formulations et faire des tests sur les biscuits à base de sorgho	• Définir la méthodologie • Se documenter • S'entretenir avec des spécialistes à la matière et des élèves ingénieurs en IAA • Regrouper les informations • Rassembler les matériels • Effectuer des essais de fabrication de biscuit à base de la farine de sorgho au laboratoire • Sélectionner les résultats possibles • S'entretenir avec les spécialistes et les équipes de la recherche • Compiler les protocoles expérimentaux • Rassembler les matériels et consommables nécessaires • Effectuer un échantillonnage • Analyser les échantillons

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

	• Dépouiller les résultats • S'entretenir avec des spécialistes (se documenter) • Etudier, traiter puis synthétiser les résultats • Se documenter • Traiter les résultats et comparer à la norme • Evaluer la qualité du biscuit à base de sorgho
5- Application des tests de validation de recommandation de normalisation par analyse sensorielle sur le produit	• Définir la méthodologie • Se documenter • S'entretenir avec des spécialistes • Faire l'analyse sensorielle des biscuits à base de sorgho • Compiler les protocoles expérimentaux pour le test d'analyse sensoriel • Rassembler les résultats • Ressortir le test de validation de recommandation de normalisation
6- Faire une étude économique sur le projet de mise en place d'une biscuiterie à base de sorgho à Madagascar	• Etudier la rentabilité du nouveau produit : biscuit sec à base de sorgho • Faire l'étude technico-économique sur le projet
7- Publication des résultats de la normalisation des biscuits artisanaux à base de sorgho	• Rassembler tous les résultats • Rédiger le rapport • Faire le saisi sur ordinateur • Faire corriger par l'encadreur • Rédiger le rapport corrigé • Faire l'impression du rapport • Montrer de nouveau le rapport final à l'encadreur au cas où il y a d'autres fautes • Publier et présenter le rapport final

ANNEXE II : Données de l'INSTAT**TABLEAU 55 : Importation des biscuits effectuée par Madagascar allant de 2004 à 2009 (1ers trimestres 2009)**

		2005		2006		2007		2008		2009	
code	Pays d'origine	Valeur CAF	Poids net	Valeur CAF	Poids net	Valeur CAF	Poids net	Valeur CAF	Poids net	Valeur CAF	Poids net
19053100	Afrique du Sud	66 650 024	14 390	29 331 801	4 853	18 691 589	3 858	48 594 730	8 155	6 286 313	2 336
	Allemagne			1 196 476	292	7 044 319	1 367	11 846 850	2 285	1 240 019	209
	Arabie Saoudite			47 909 235	19 008	228 449 445	110 095	290 899 225	113 206	108 000 000	32 400
	Argentine			13 988 778	3 187	21 906 257	4 724	10 257 315	1 392		
	Autres							3 757 795	3 000		
	Belgique	21 895 677	7 823	870 620	275	4 447 899	594	14 800 331	2 629	3 534 640	326
	Brésil	84 558 894	28 416	20 721 373	5 060	80 281 670	20 781	59 487 160	15 503	7 452 340	1 439
	Canada	6 780 712	9 008	12 381 666	10 809	8 456 394	7 251	97 575	1		
	Chine	17 713 279	5 744	11 659 937	2 634	75 155 996	28 511	1 540 005 551	1 045 942	451 332 646	293 642
	Chypre							108 291	144		
	Colombie							13 056 311	9 016		
	Corée, République de							20 252	1		
	Costa Rica							171 875	40		
	Danemark	1 254 942	248	1 485 945	278	5 789 381	793	46 103 579	9 182	1 770 329	202
	Egypte	78 928 816	43 682	103 617 873	32 922	110 524 294	38 848	163 523 536	37 388	52 082 141	11 375
	Emirats Arabes Unis	20 180 492	20 912	2 166 423	2 136	41 309 506	14 354	93 076 267	53 322	12 604 193	3 022
	Espagne					3 636 224	296	1 063 182	133	404 439	33
	Etats-Unis					60 304	1				
	France	301 248 617	76 466	378 817 177	94 379	437 190 591	95 712	328 118 079	44 673	46 049 988	5 525
	Grèce					688 488	58	1 398 988	109		
	Hong-Kong	2 574 931	972			188 716 942	95 569	84 094 171	52 437	361 761	204
	Indonésie	17 938 469	7 332	8 631 071	3 468	85 217 896	32 695	8 586 891	4 504		
	Irlande					416 360	87				
	Israël					764 310	200				
	Italie	49 656 689	16 419	13 804 636	2 972	18 794 580	3 653	10 851 733	1 850	2 473 039	253
	Japon							918 743	206	534 423	10
	Kazakstan			263 368	170						
	Malaisie	840 372	904	16 634 167	4 068	10 998 780	2 342	2 948 934	1 283		

	Maurice, île	181 572 322		161 091	101 546 565	46 989	91 370 456	32 551	77 720 386	55 703	4 244 574
	Oman			897 508	840						
	Pakistan					13 007 303	10 972	39 359 053	41 493		
	Pays-bas	11 202 336	1 425	13 130 885	1 465	17 609 711	2 510	29 079 424	3 674	2 445 858	251
	Pérou					1 938 546	440				
	Portugal										
	Royaume-Uni					39 306	1	263 419	36	526 548	72
	Singapour	7 170 555	7 496					8 860 535	1 419		
	Suisse					447 676	18	4 984 542	283	787 740	30
	Taïwan, Province de Chine							2 885 539	659		
	Tchecoslovaquie										
	Thaïlande			94 473	48	1 055 224	170	14 652 807	5 476		
	Turquie	66 358 426	82 550	186 763 002	91 577	108 548 329	50 280	315 193 985	165 305	4 269 092	1 363
	Union Européenne			61 980 825	4 967	129 671 128	16 586	213 464 062	46 256	26 676 400	7 431
	Vietnam							114 187	61		
	Yémen							32 875 634	54 866		
Total		1 514 879 674	926 687	1 297 685 088	514 174	1 992 681 321	768 254	4 167 039 741	2 304 553	855 004 721	459 844

Source: DGINSTAT/D S E/S S E S/COMEXT/Août 2009

Unité: Valeur CAF (en Ariary), Poids net (en KG)

TABLEAU 56: Exportation de biscuits effectuée par Madagascar allant de 2004 à 2009 (1er Trimestre 2009)

code	Pays de destination	2005		2006		2007		2008		2009	
		Valeur FOB	Poids net	Valeur FOB	Poids net	Valeur FOB	Poids net	Valeur FOB	Poids net	Valeur FOB	Poids net
19053100	Autres			3 649 716	828						
	Comores	41 950 996	15 906			1 424 927	335	52 075	26	130 227	130
	Espagne			2 433 144	552						
	France			14 541 075	1 002	2 428 532	276	9 970 466	642	1 549 931	20
	Gabon			12 262 020	2 955	22 108 036	5 645				
	Kenya										
	Maurice, île	226 032 269	55 327	208 205 554	46 703	186 939 269	45 601	191 425 388	41 037		
	Mayotte	27 656 814	6 013	36 537 180	7 329	25 539 379	5 358	106 126 845	18 864	3 302 037	679
	Réunion			40 688 525	6 340	135 248 894	22 094	106 577 152	14 995	54 998	1
	Suisse									289 400	25
	Thaïlande			129 603	3						
	Zimbabwe									5 681 982	732
Total		295 640 079	77 246	318 446 817	65 711	373 689 037	79 308	414 151 926	75 564	11 008 575	1 587

Source: DGINSTAT/D S E/S S E S/COMEXT/Août 2009/ Unité: Valeur FOB (en Ariary), Poids net (en KG)

ANNEXE III : Norme CODEX pour la farine de sorgho

CODEX STAN 173-1989 (Rév. 1-1995)

L'appendice à la présente norme contient des dispositions qui ne sont pas destinées à être appliquées selon les modalités d'acceptation des principes généraux du Codex Alimentarius.

1. CHAMP D'APPLICATION

1.1 La présente norme s'applique à la farine de sorgho telle que définie à la section 2.1 ci-dessous et destinée à la consommation humaine directe.

1.2 La présente norme ne s'applique pas au gruau ou à la semoule obtenue à partir du *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

2. DESCRIPTION

La farine de sorgho est le produit obtenu à partir des grains de *Sorghum bicolor* (L.) Moench par procédé de mouture industrielle au cours duquel le tégument est éliminé, une grande partie du germe est retirée et l'endosperme est broyé en poudre suffisamment fine.

3. FACTEURS ESSENTIELS DE COMPOSITION ET DE QUALITE

3.1 Facteurs de qualité - Critères généraux

3.1.1 La farine de sorgho doit être saine et propre à la consommation humaine.

3.1.2 La farine de sorgho doit être exempte d'odeurs et de goûts anormaux ainsi que d'insectes vivants.

3.1.3 La farine de sorgho doit être exempte de souillures (impuretés d'origine animale y compris les insectes morts) en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine.

3.2 Facteurs de qualité - Critères spécifiques

3.2.1 Teneur en eau 15% maximum

Une teneur moindre en eau peut être exigée pour certaines destinations, compte tenu du climat, de la durée du transport et de celle du stockage. Les gouvernements acceptant la norme sont priés d'indiquer et de justifier les critères applicables dans leur pays.

3.2.2 Teneur en tanin

La teneur en tanin de la farine de sorgho ne doit pas dépasser 0,3% sur la base d'une matière sèche.

4. CONTAMINANTS

4.1 Métaux lourds

La farine de sorgho devra être exempte de métaux lourds en quantités susceptibles de présenter des risques pour la santé humaine.

4.2 Résidus de pesticides

La farine de sorgho devra être conforme aux limites maximales de résidus fixées par la Commission du *Codex Alimentarius* pour cette denrée.

4.3 Mycotoxines

La farine de sorgho devra être conforme aux limites maximales de mycotoxines fixées par la Commission du *Codex Alimentarius* pour cette denrée.

5. HYGIENE

5.1 Il est recommandé que le produit visé par les dispositions de la présente norme soit préparé et manipulé conformément aux sections appropriées du Code d'usages international recommandé – Principes généraux d'hygiène alimentaire (CAC/RCP 1-1969, Rév. 2-1985, *Codex Alimentarius* Volume 1B) et des autres Codes d'usages recommandés par la Commission du *Codex Alimentarius* applicables à ce produit.

5.2 Dans la mesure où le permettent les bonnes pratiques de fabrication, le produit doit être exempt de matières indésirables.

5.3 Lorsqu'il est soumis à des méthodes appropriées d'échantillonnage et d'examen, le produit doit être:

- exempt de microorganismes en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé;
- exempt de parasites susceptibles de présenter un risque pour la santé;
- exempt de substances provenant de microorganismes en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé.

6. CONDITIONNEMENT

6.1 La farine de sorgho doit être emballée dans des récipients préservant les qualités hygiéniques, nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du produit.

6.2 Les récipients, y compris les matériaux d'emballage, doivent être fabriqués avec des matériaux sans danger et convenant à l'usage auquel il sont destinés. Ils ne doivent transmettre au produit aucune substance toxique, ni aucune odeur ou saveur indésirables.

6.3 Lorsque le produit est emballé dans des sacs, ceux-ci doivent être propres, robustes et solidement cousus ou scellés.

7. ETIQUETAGE

Outre les dispositions de la Norme générale Codex pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées (CODEX STAN 1-1985, Rév. 1-1991, Codex *Alimentarius* Volume 1A), les dispositions spécifiques ci-après sont applicables:

7.1 Nom du produit

Le nom du produit déclaré sur l'étiquette doit être "farine de sorgho".

7.2 Etiquetage des récipients non destinés à la vente au détail

Les renseignements sur les récipients non destinés à la vente au détail doivent figurer soit sur le récipient, soit dans les documents d'accompagnement, exception faite du nom du produit, de l'identification du lot et du nom et de l'adresse du fabricant ou de l'emballleur qui doit figurer sur le récipient. Cependant, l'identification du lot et le nom et l'adresse du fabricant ou de l'emballleur peuvent être remplacés par une marque d'identification, à condition que cette marque puisse être clairement identifiée à l'aide des documents d'accompagnement.

8. METHODES D'ANALYSE ET D'ECHANTILLONNAGE

TABLEAU 57 : Méthodes d'analyses et d'échantillonnage de farine de sorgho

FACTEUR DE QUALITE DESCRIPTION	LIMITE MAXIMALE	METHODE D'ANALYSE
CENDRES	MIN: 0,9% sur la base d'une matière sèche - et - MAX: 1,5% sur la base d'une matière sèche	AOAC 923.03 Méthode ICC 104/1 pour la détermination de la teneur en cendre dans les céréales et produits céréaliers (calcination à 900°C) (Méthode de Type I) - ou - ISO 2171:1980 - Céréales, légumes secs et produits dérivés - Détermination de la teneur en cendres
PROTEINES (N x 6,25)	MIN: 8,5% sur la base d'une matière sèche	Méthode ICC 105/1 (1986) pour la détermination des protéines brutes dans les céréales et produits céréaliers pour les aliments et aliments pour animaux à l'aide d'un Catalyseur sélénium/cuivre (Méthode de type II) - ou - ISO 1871:1975
MATIERE GRASSE BRUTE	MIN: 2,2% sur la base d'une matière sèche - et - MAX: 4,7% sur la base d'une matière sèche	AOAC 945.38F; 920.39C - ou - ISO 5986:1983 - Produits alimentaires pour animaux -Détermination d'extrait à l'oxyde diéthylique
FIBRE BRUTE	MAX: 1,8% sur la base d'une matière sèche	ICC 113:1972 - Détermination de la valeur en fibre brute (Méthode de Type I) -ou- ISO 6541:1981 - Produits alimentaires agricoles - Détermination de la teneur en fibre brute - Méthode Scharrer modifiée
COULEUR	FOURCHETTE: de 18 à 30 unités	Méthode colorimétrique de Kent Jones utilisant l'échelle Martincolor. Dans l'ouvrage "Chimie céréalière moderne", 6ème éd., 1967, édité par Kent Jones- Amos, publié par Food Trade Press Ltd., Londres, R.U. (Méthode de Type I)
DIMENSION DES PARTICULES (GRANULOMETRIE)	MIN: 100% de la farine doivent passer au travers d'un tamis dont la dimension des mailles est de 0,5 mm pour une farine "fine" et 1 mm pour une farine "moyenne"	AOAC 965.22 (Méthode de Type I avec spécifications de tamis comme dans la méthode de tamisage d'essai ISO 3310/1 - 1982)

ANNEXE IV: Questionnaire de l'Analyse Sensorielle

Nom:

Prénom(s):

Sexe:

Age:

Profession:

Vous allez participer à la dégustation de 5 biscuits sablés différents. Nous vous demandons votre **préférence** pour chaque produit puis les **raisons de votre choix** (cochez les cases qui correspondent à votre impression)

Code du produit:

Préférence globale :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Extrêmement désagréable	Très désagréable	Désagréable	Assez désagréable	Ni désagréable ni agréable	Assez agréable	Agréable	Très agréable	Extrêmement agréable

Raisons de choix :

Intensité de la couleur

-2	-1	0	1	2
Très claire		Idéale		Très foncée
-2	-1	0	1	2
Absence		Idéale		Très prononcée
-2	-1	0	1	2
Très molle		Idéale		Très dure
-2	-1	0	1	2
Moins sucrée		Idéale		Plus sucrée

Code du produit:

Préférence globale :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Extrêmement désagréable	Très désagréable	Désagréable	Assez désagréable	Ni désagréable ni agréable	Assez agréable	Agréable	Très agréable	Extrêmement agréable

Raisons de choix :

Intensité de la couleur

-2	-1	0	1	2
Très claire		Idéale		Très foncée
-2	-1	0	1	2
Absence		Idéale		Très prononcée
-2	-1	0	1	2
Très molle		Idéale		Très dure
-2	-1	0	1	2
Moins sucrée		Idéale		Plus sucrée

Code du produit:

Préférence globale :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Extrêmement désagréable	Très désagréable	Désagréable	Assez désagréable	Ni désagréable ni agréable	Assez agréable	Agréable	Très agréable	Extrêmement agréable

Raisons de choix :

Intensité de la couleur

-2	-1	0	1	2
Très claire		Idéale		Très foncée
-2	-1	0	1	2
Absence		Idéale		Très prononcée
-2	-1	0	1	2
Très molle		Idéale		Très dure
-2	-1	0	1	2
Moins sucrée		Idéale		Plus sucrée

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

Code du produit:

Préférence globale :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Extrêmement désagréable	Très désagréable	Désagréable	Assez désagréable	Ni désagréable ni agréable	Assez agréable	Agréable	Très agréable	Extrêmement agréable

Raisons de choix :

Intensité de la couleur

-2	-1	0	1	2
Très claire		Idéale		Très foncée
-2	-1	0	1	2
Absence		Idéale		Très prononcée

Odeur

Dureté

Intensité sucrée

Code du produit:

Préférence globale :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Extrêmement désagréable	Très désagréable	Désagréable	Assez désagréable	Ni désagréable ni agréable	Assez agréable	Agréable	Très agréable	Extrêmement agréable

Raisons de choix :

Intensité de la couleur

-2	-1	0	1	2
Très claire		Idéale		Très foncée
-2	-1	0	1	2
Absence		Idéale		Très prononcée

Odeur

Dureté

Intensité sucrée

Classez ensuite ces 5 produits **suivant votre préférence** en mettant ses codes dans les cases

Code de l'échantillon le moins apprécié

--	--	--	--	--

Code de l'échantillon le plus apprécié

ANNEXE V : Table des nombres au hasard

TABLEAU 58 : Table de Nombre au Hasard

71133	15379	62220	83119	33872	80881	54263	35427	50631	71600	00133	22447
76212	94621	91026	89499	92641	47157	49324	27674	04501	30142	49180	17909
06747	85629	84240	41917	84067	44264	40953	20516	10967	26366	60323	55523
09686	47962	59778	99479	08945	67385	06015	91676	72694	49757	86540	32359
22437	77933	00815	21862	25049	30840	01760	06655	78658	17681	63881	99741
74067	35810	11989	68048	23006	64650	50777	06226	64703	73487	34815	35296
67218	66215	14219	61908	18165	17261	45017	29303	03020	75784	91506	02237
88056	15027	04040	96770	94965	75820	50994	31050	67304	16730	29373	96700
07845	69584	07548	52973	72302	97594	92241	15204	42665	29990	57260	75846
01152	30141	35982	96088	04003	36893	51639	65625	28426	90634	32979	05449
32959	06776	72420	55622	81422	67587	93193	67479	29041	35939	80920	31801
38638	87905	37617	53135	63364	20495	05868	54130	62625	30799	94255	03514
27838	19139	82031	46143	93922	32001	05378	42457	94248	29387	32682	86253
35805	66529	00886	25875	40156	92636	95648	79767	16307	71133	15714	44142
44293	19195	30569	41277	01417	34656	80207	33362	71878	31767	04056	52582
30766	70264	86253	07179	24757	57502	51033	16551	66731	87844	41420	10084
55529	68560	50069	50652	76104	42086	48720	96632	39724	50318	91370	68016
06222	26806	86726	52832	80950	27135	14110	92292	17049	60257	01638	04460
21694	79570	74409	95087	75424	57042	27349	16229	06930	85441	37191	75134
12845	67868	51500	97761	35448	56096	37910	35485	19640	07689	31027	40657
14875	07695	92569	40703	69318	95070	01541	52249	56515	59058	34509	35791
22150	56558	75286	07303	40560	57856	22009	67712	19435	90250	62962	66253
93288	01838	68388	55481	00336	19271	78066	09117	62350	58972	80778	46458
83677	16125	89106	30219	03068	54030	49295	48985	01624	72881	88310	18172
89450	04987	02781	37935	76222	93595	20942	90911	57643	34009	20728	88785
81212	08214	93926	66687	58252	18674	18501	22362	37319	33201	88294	55814
67443	77285	36229	26886	66782	89931	29751	08485	49910	83844	56013	26596
20875	34568	11169	15529	33241	83594	01727	86595	65723	82322	06062	54400
80649	70749	50395	48993	77447	24862	87445	17139	43278	55031	79971	18515
61850	49101	39283	22821	44330	82225	53534	77235	42973	60190	45612	77201
09944	85910	40509	56354	69746	94118	56248	29828	63802	24448	25582	64813
53711	18139	61928	13185	13188	36181	58268	73478	46698	45121	53887	44247
67353	95136	48064	54290	98373	42092	07675	98953	37343	70591	98645	12414
38884	00106	65370	16205	722296	37290	49470	70129	60958	89147	38412	60663
89311	41158	33997	08087	42945	82277	63269	86323	96583	59070	49212	34100
16256	74085	05344	04937	03736	09155	36259	19973	79488	75989	05777	58054
71087	66555	57522	49524	98435	46382	41956	72661	28166	43093	36864	65387
83181	40493	04397	07143	71341	56201	71605	53662	35768	00035	60572	99237
25352	07781	33475	77170	08116	29032	41871	32214	99370	38275	22079	59258
92808	89221	60728	34428	33904	90827	31072	78786	75384	65973	39658	04329

ANNEXE VI : Lettre code et l'ordre de présentation des produits

Selon AFNOR

TABLEAU 59 : Identification et codage des échantillons

Produit	Identification	Code
0% en farine de sorgho	bA	295
25% en farine de sorgho	bB	489
50% en farine de sorgho	bC	850
75% en farine de sorgho	bD	162
100% en farine de sorgho	bE	472

TABLEAU 60: Ordre de présentation des échantillons

Numéro des juges	en 1er	en 2e	en 3e	en 4e	en 5e
1	bA	bB	bE	bC	bD
2	bB	bC	bA	bD	bE
3	bC	bD	bB	bE	bA
4	bD	bE	bC	bA	bB
5	bE	bA	bD	bB	bC
6	bE	bD	bA	bC	bB
7	bD	bC	bE	bB	bA
8	bC	bB	bD	bA	bE
9	bB	bA	bC	bE	bD
10	bA	bE	bB	bD	bC

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

TABLEAU 61: Ordre de présentation des échantillons remplacé par les codes

Numéro des juges	en 1er	en 2e	en 3e	en 4e	en 5e
1	295	489	472	850	162
2	489	850	295	162	472
3	850	162	489	472	295
4	162	472	850	295	489
5	472	295	162	489	850
6	472	162	295	850	489
7	162	850	472	489	295
8	850	489	162	295	472
9	489	295	850	472	162
10	295	472	489	162	850
11	295	489	472	850	162
12	489	850	295	162	472
13	850	162	489	472	295
14	162	472	850	295	489
15	472	295	162	489	850
16	472	162	295	850	489
17	162	850	472	489	295
18	850	489	162	295	472
19	489	295	850	472	162
20	295	472	489	162	850
21	295	489	472	850	162
22	489	850	295	162	472

23	850	162	489	472	295
24	162	472	850	295	489
25	472	295	162	489	850
26	472	162	295	850	489
27	162	850	472	489	295
28	850	489	162	295	472
29	489	295	850	472	162
30	295	472	489	162	850
31	295	489	472	850	162
32	489	850	295	162	472
33	850	162	489	472	295
34	162	472	850	295	489
35	472	295	162	489	850
36	472	162	295	850	489
37	162	850	472	489	295
38	850	489	162	295	472
39	489	295	850	472	162
40	295	472	489	162	850
41	295	489	472	850	162
42	489	850	295	162	472
43	850	162	489	472	295
44	162	472	850	295	489
45	472	295	162	489	850

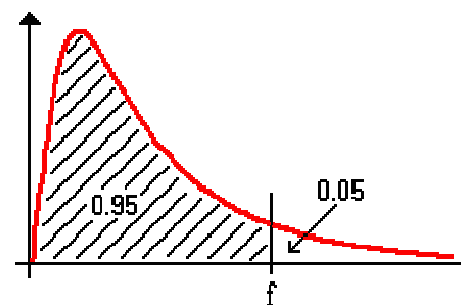
46	472	162	295	850	489
47	162	850	472	489	295
48	850	489	162	295	472
49	489	295	850	472	162
50	295	472	489	162	850
51	295	489	472	850	162
52	489	850	295	162	472
53	850	162	489	472	295
54	162	472	850	295	489
55	472	295	162	489	850
56	472	162	295	850	489
57	162	850	472	489	295
58	850	489	162	295	472
59	489	295	850	472	162
60	295	472	489	162	850
61	295	489	472	850	162
62	489	850	295	162	472
63	850	162	489	472	295
64	162	472	850	295	489
65	472	295	162	489	850
66	472	162	295	850	489
67	162	850	472	489	295
68	850	489	162	295	472

69	489	295	850	472	162
70	295	472	489	162	850
71	295	489	472	850	162
72	489	850	295	162	472
73	850	162	489	472	295
74	162	472	850	295	489
75	472	295	162	489	850
76	472	162	295	850	489
77	162	850	472	489	295
78	850	489	162	295	472
79	489	295	850	472	162
80	295	472	489	162	850
81	295	489	472	850	162
82	489	850	295	162	472

ANNEXE VII : Table de la Loi de Fisher-Snedecor

TABLEAU 62 : Table de la loi de Fisher-Snedecor

Valeur f de la variable de Fisher-Snedecor $F(v_1; v_2)$ ayant la probabilité 0.05 d'être dépassée



V1 : degrés de liberté du numérateur																																					
V2 : degrés de liberté du dénominateur																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60	80	100	200	500	1000		
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	242.98	243.90	244.69	245.36	245.95	246.47	246.92	247.32	247.69	248.02	248.58	249.05	249.45	249.80	250.10	250.69	251.14	251.49	251.77	252.20	252.72	253.04	253.68	254.06	254.19		
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43	19.43	19.44	19.44	19.44	19.45	19.45	19.45	19.46	19.46	19.46	19.47	19.47	19.47	19.48	19.48	19.48	19.49	19.49	19.49	19.49		
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.67	8.66	8.65	8.64	8.63	8.62	8.62	8.60	8.59	8.59	8.58	8.57	8.56	8.55	8.54	8.53	8.53		
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.82	5.81	5.80	5.79	5.77	5.76	5.75	5.75	5.73	5.72	5.71	5.70	5.69	5.67	5.66	5.65	5.64	5.63		
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.60	4.59	4.58	4.57	4.56	4.54	4.53	4.52	4.50	4.50	4.48	4.46	4.45	4.44	4.43	4.41	4.41	4.39	4.37	4.37		
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.90	3.88	3.87	3.86	3.84	3.83	3.82	3.81	3.79	3.77	3.76	3.75	3.74	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67		
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.44	3.43	3.41	3.40	3.39	3.38	3.36	3.34	3.33	3.32	3.30	3.29	3.27	3.25	3.24	3.23		
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.20	3.19	3.17	3.16	3.15	3.13	3.12	3.10	3.09	3.08	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	2.99	2.97	2.95	2.94	2.93		
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95	2.94	2.92	2.90	2.89	2.87	2.86	2.84	2.83	2.81	2.80	2.79	2.77	2.76	2.73	2.72	2.71		
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.80	2.79	2.77	2.75	2.74	2.72	2.71	2.70	2.68	2.66	2.65	2.64	2.62	2.60	2.59	2.56	2.55	2.54		
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66	2.65	2.63	2.61	2.59	2.58	2.57	2.55	2.53	2.52	2.51	2.49	2.47	2.46	2.43	2.42	2.41		

12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.56	2.54	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.44	2.43	2.41	2.40	2.38	2.36	2.35	2.32	2.31	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.46	2.44	2.42	2.41	2.39	2.38	2.36	2.34	2.33	2.31	2.30	2.27	2.26	2.23	2.22	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.40	2.39	2.37	2.35	2.33	2.32	2.31	2.28	2.27	2.25	2.24	2.22	2.20	2.19	2.16	2.14	2.14
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.25	2.22	2.20	2.19	2.18	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.33	2.32	2.30	2.29	2.28	2.25	2.24	2.22	2.21	2.19	2.17	2.15	2.14	2.12	2.11	2.08	2.07	2.04	2.02	2.02
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23	2.21	2.19	2.17	2.16	2.15	2.12	2.10	2.09	2.08	2.06	2.03	2.02	1.99	1.97	1.97
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.20	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.11	2.08	2.06	2.05	2.04	2.02	1.99	1.98	1.95	1.93	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17	2.16	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98	1.96	1.94	1.91	1.89	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04	2.01	1.99	1.98	1.97	1.95	1.92	1.91	1.88	1.86	1.85
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.16	2.14	2.12	2.11	2.10	2.07	2.05	2.04	2.02	2.01	1.98	1.96	1.95	1.94	1.92	1.89	1.88	1.84	1.83	1.82
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.86	1.85	1.82	1.80	1.79
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.08	2.06	2.05	2.02	2.01	1.99	1.97	1.96	1.93	1.91	1.90	1.88	1.86	1.84	1.82	1.79	1.77	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03	2.00	1.98	1.97	1.95	1.94	1.91	1.89	1.88	1.86	1.84	1.82	1.80	1.77	1.75	1.74
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.02	2.01	1.98	1.96	1.95	1.93	1.92	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.75	1.73	1.72
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	2.05	2.03	2.02	2.00	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.90	1.87	1.85	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76	1.73	1.71	1.70
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.90	1.88	1.86	1.84	1.82	1.81	1.79	1.76	1.74	1.71	1.69	1.68
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.96	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.84	1.82	1.80	1.79	1.77	1.74	1.73	1.69	1.67	1.66
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03	2.01	1.99	1.97	1.96	1.94	1.92	1.90	1.88	1.87	1.85	1.83	1.81	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.67	1.65	1.65
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.99	1.98	1.96	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.71	1.70	1.66	1.64	1.63
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99	1.97	1.95	1.94	1.92	1.91	1.88	1.86	1.85	1.83	1.82	1.79	1.77	1.75	1.74	1.71	1.69	1.67	1.63	1.61	1.60
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97	1.95	1.93	1.92	1.90	1.89	1.86	1.84	1.82	1.81	1.80	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.66	1.65	1.61	1.59	1.58
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95	1.93	1.92	1.90	1.88	1.87	1.85	1.82	1.81	1.79	1.78	1.75	1.73	1.71	1.69	1.67	1.64	1.62	1.59	1.56	1.56
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94	1.92	1.90	1.88	1.87	1.85	1.83	1.81	1.79	1.77	1.76	1.73	1.71	1.69	1.68	1.65	1.62	1.61	1.57	1.54	1.54
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.90	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.61	1.59	1.55	1.53	1.52
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91	1.89	1.87	1.86	1.84	1.83	1.80	1.78	1.76	1.75	1.73	1.70	1.68	1.66	1.65	1.62	1.59	1.57	1.53	1.51	1.50
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90	1.88	1.86	1.84	1.83	1.81	1.79	1.77	1.75	1.73	1.72	1.69	1.67	1.65	1.63	1.61	1.58	1.56	1.52	1.49	1.49
46	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42	2.30	2.22	2.15	2.09	2.04	2.00	1.97	1.94	1.91	1.89	1.87	1.85	1.83	1.82	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72	1.71	1.68	1.65	1.64	1.62	1.60	1.57	1.55	1.51	1.48	1.47
48	4.04	3.19	2.80	2.57	2.41	2.29	2.21	2.14	2.08	2.03	1.99	1.96	1.93	1.90	1.88	1.86	1.84	1.82	1.81	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.70	1.67	1.64	1.62	1.61	1.59	1.56	1.54	1.49	1.47	1.46
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70	1.69	1.66	1.63	1.61	1.60	1.58	1.54	1.52	1.48	1.46	1.45
55	4.02	3.16	2.77	2.54	2.38	2.27	2.18	2.11	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.88	1.85	1.83	1.81	1.79	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68	1.67	1.64	1.61	1.59	1.58	1.55	1.52	1.50	1.46	1.43	1.42
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75	1.72	1.70	1.68	1.66	1.65	1.62	1.59	1.57	1.56	1.53	1.50	1.48	1.44	1.41	1.40
65	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36	2.24	2.15	2.08	2.03	1.98	1.94	1.90	1.87	1.85	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75	1.73	1.71	1.69	1.67	1.65	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52	1.49	1.46	1.42	1.39	1.38

70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72	1.70	1.67	1.65	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.53	1.50	1.47	1.45	1.40	1.37	1.36
75	3.97	3.12	2.73	2.49	2.34	2.22	2.13	2.06	2.01	1.96	1.92	1.88	1.85	1.83	1.80	1.78	1.76	1.74	1.73	1.71	1.69	1.66	1.64	1.63	1.61	1.58	1.55	1.53	1.52	1.49	1.46	1.44	1.39	1.36	1.35
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.72	1.70	1.68	1.65	1.63	1.62	1.60	1.57	1.54	1.52	1.51	1.48	1.45	1.43	1.38	1.35	1.34
85	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32	2.21	2.12	2.05	1.99	1.94	1.90	1.87	1.84	1.81	1.79	1.76	1.74	1.73	1.71	1.70	1.67	1.65	1.63	1.61	1.59	1.56	1.54	1.52	1.50	1.47	1.44	1.42	1.37	1.34	1.32
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70	1.69	1.66	1.64	1.62	1.60	1.59	1.55	1.53	1.51	1.49	1.46	1.43	1.41	1.36	1.33	1.31
95	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31	2.20	2.11	2.04	1.98	1.93	1.89	1.86	1.82	1.80	1.77	1.75	1.73	1.71	1.70	1.68	1.66	1.63	1.61	1.59	1.58	1.55	1.52	1.50	1.48	1.46	1.42	1.40	1.35	1.32	1.30
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57	1.54	1.52	1.49	1.48	1.45	1.41	1.39	1.34	1.31	1.30
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.67	1.66	1.63	1.60	1.58	1.57	1.55	1.52	1.49	1.47	1.45	1.42	1.39	1.36	1.31	1.27	1.26
150	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73	1.71	1.69	1.67	1.66	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.54	1.50	1.48	1.45	1.44	1.41	1.37	1.34	1.29	1.25	1.24
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.60	1.57	1.55	1.53	1.52	1.48	1.46	1.43	1.41	1.39	1.35	1.32	1.26	1.22	1.21
300	3.87	3.03	2.63	2.40	2.24	2.13	2.04	1.97	1.91	1.86	1.82	1.78	1.75	1.72	1.70	1.68	1.66	1.64	1.62	1.61	1.58	1.55	1.53	1.51	1.50	1.46	1.43	1.41	1.39	1.36	1.32	1.30	1.23	1.19	1.17
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.56	1.54	1.52	1.50	1.48	1.45	1.42	1.40	1.38	1.35	1.30	1.28	1.21	1.16	1.14
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80	1.76	1.73	1.70	1.68	1.65	1.63	1.61	1.60	1.58	1.55	1.53	1.51	1.49	1.47	1.43	1.41	1.38	1.36	1.33	1.29	1.26	1.19	1.13	1.11
2000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.10	2.01	1.94	1.88	1.84	1.79	1.76	1.73	1.70	1.67	1.65	1.63	1.61	1.59	1.58	1.55	1.52	1.50	1.48	1.46	1.43	1.40	1.38	1.36	1.32	1.28	1.25	1.18	1.12	1.09

ANNEXE VIII : Données des résultats de l'Analyse Sensorielle

TABLEAU 63 : Données de la préférence globale des 82 sujets

N°juge	bA	bB	bC	bD	bE	âge
1	9	8	7	6	6	59
2	7	6	7	3	4	53
3	7	5	5	5	4	40
4	7	7	7	6	6	37
5	8	8	5	7	6	60
6	7	8	7	8	6	36
7	4	6	6	4	5	29
8	8	7	6	5	6	29
9	7	7	6	7	6	25
10	6	7	7	4	6	36
11	6	7	5	5	8	65
12	9	7	6	6	5	65
13	8	6	9	1	7	40
14	8	6	7	4	6	54
15	7	4	8	5	8	48
16	4	4	3	3	5	33
17	9	6	7	6	5	13
18	7	6	5	5	4	36
19	6	8	7	6	8	18
20	7	7	8	6	5	45
21	6	7	7	3	7	49

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

22	7	4	3	5	6	26
23	7	7	4	2	2	26
24	6	7	3	6	4	18
25	6	5	5	6	4	18
26	6	6	8	6	7	23
27	6	7	6	4	5	22
28	7	6	7	3	3	23
29	7	6	5	6	5	23
30	4	5	4	7	5	26
31	8	9	7	7	8	24
32	5	7	6	3	4	23
33	5	5	6	4	5	20
34	6	6	6	7	6	20
35	8	7	6	6	5	22
36	7	8	8	7	7	22
37	7	8	7	6	7	22
38	8	7	8	6	7	23
39	6	7	7	6	6	22
40	4	5	4	4	3	25
41	6	5	6	5	5	21
42	5	6	8	7	6	19
43	6	5	5	5	6	60
44	8	7	7	4	6	22

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

45	6	5	5	5	5	21
46	7	7	7	5	7	20
47	6	5	7	5	6	21
48	7	6	6	6	6	22
49	7	5	8	6	7	25
50	2	5	2	3	5	18
51	5	4	3	4	5	20
52	4	6	7	5	8	13
53	5	7	8	6	7	30
54	6	3	4	2	3	20
55	2	4	4	2	3	52
56	6	4	5	4	3	55
57	3	7	7	4	6	27
58	5	7	7	6	7	58
59	5	4	4	5	5	39
60	2	7	4	2	8	37
61	6	7	4	3	5	53
62	5	8	7	9	4	22
63	5	4	6	3	5	31
64	8	8	9	9	7	23
65	6	8	9	6	7	18
66	4	7	8	5	5	35
67	5	9	9	6	9	26

68	9	8	8	9	8	32
69	5	5	7	5	4	54
70	6	7	7	7	7	23
71	5	6	7	4	7	25
72	5	7	7	7	7	40
73	4	5	5	6	5	13
74	4	5	5	6	6	13
75	3	9	8	7	9	14
76	4	6	6	6	8	17
77	4	4	4	4	2	11
78	9	6	8	6	6	10
79	7	7	5	5	5	13
80	1	2	6	2	4	9
81	7	5	5	6	6	14
82	5	5	7	2	6	17
moyenne	5,93902439	6,170731707	6,17073171	5,12195122	5,70731707	

Données sur les raisons du choix de la préférence globale par différents descripteurs des 82 sujets:

TABLEAU 64 : Données de l'évaluation sensorielle sur l'intensité de la couleur

N°juge	bA	bB	bC	bD	bE
1	3	4	4	5	4
2	4	5	4	4	4
3	3	4	4	4	5

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

4	3	4	3	3	5
5	3	3	4	4	5
6	3	3	4	3	3
7	5	5	4	3	5
8	3	3	4	4	5
9	4	4	5	4	4
10	5	5	3	3	3
11	5	5	4	4	3
12	3	4	4	5	5
13	4	5	5	4	5
14	3	4	3	5	5
15	3	3	4	3	4
16	3	3	5	5	4
17	4	5	4	5	4
18	3	5	5	5	4
19	3	3	4	4	3
20	3	3	3	4	5
21	5	5	3	5	4
22	4	3	5	4	5
23	3	3	4	5	5
24	3	3	4	5	4
25	3	3	4	4	4
26	3	3	3	4	4

27	3	5	4	5	4
28	3	3	4	4	5
29	3	4	3	5	4
30	5	3	4	3	5
31	3	3	4	5	4
32	3	5	4	5	5
33	3	5	3	4	4
34	3	3	3	4	4
35	5	5	3	3	3
36	5	3	4	5	3
37	4	3	3	5	4
38	4	5	3	5	4
39	5	5	5	4	4
40	3	3	5	4	5
41	3	5	3	4	4
42	5	3	3	5	4
43	3	5	3	5	4
44	3	3	5	5	4
45	4	5	3	4	3
46	4	3	3	5	4
47	5	5	3	3	4
48	5	4	4	4	4
49	5	4	3	3	3

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

50	5	3	5	3	3
51	3	5	5	5	5
52	3	4	3	5	3
53	4	3	4	5	5
54	5	4	4	5	5
55	5	5	5	4	5
56	3	4	4	4	4
57	3	3	5	4	4
58	4	3	4	5	4
59	3	5	4	4	3
60	4	5	5	5	4
61	5	3	4	5	4
62	4	5	4	4	4
63	5	5	5	5	3
64	3	3	3	3	3
65	3	4	3	4	5
66	5	3	3	5	4
67	4	3	4	5	3
68	3	4	4	4	5
69	4	3	5	4	4
70	3	3	3	4	5
71	4	5	3	5	3
72	5	3	4	4	4

73	3	3	3	4	4
74	5	3	4	5	4
75	3	4	4	5	4
76	4	5	4	5	3
77	5	3	3	5	3
78	4	4	3	4	5
79	3	3	5	5	5
80	3	3	4	5	4
81	4	4	5	5	4
82	4	4	5	5	4
moyenne	3,75609756	3,85365854	3,87804878	4,34146341	4,08536585

TABLEAU 65 : Données de l'évaluation sensorielle sur l'odeur

N°juge	bA	bB	bC	bD	bE
1	3	3	3	4	5
2	5	4	5	5	4
3	4	5	5	5	5
4	4	4	4	3	4
5	3	3	5	3	5
6	3	5	3	3	5
7	5	5	5	5	4
8	3	4	5	4	5
9	3	3	4	4	4

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

10	3	3	4	5	3
11	3	3	3	3	3
12	3	4	3	4	3
13	4	5	4	4	5
14	3	3	3	4	4
15	5	5	3	4	4
16	4	4	4	4	4
17	3	4	5	4	5
18	4	4	3	4	5
19	4	3	3	5	3
20	3	4	4	4	4
21	4	5	3	4	3
22	4	5	3	3	5
23	3	5	5	5	5
24	4	3	4	3	5
25	5	5	5	3	3
26	4	4	4	4	4
27	4	3	4	4	4
28	4	5	3	5	3
29	5	5	5	5	3
30	4	4	4	4	5
31	5	3	4	5	4
32	4	4	4	4	4

33	5	5	3	3	4
34	5	3	5	3	4
35	3	4	4	4	4
36	3	4	3	5	4
37	5	5	5	4	4
38	3	3	4	4	3
39	5	5	4	5	5
40	5	5	5	5	5
41	4	5	5	5	5
42	5	4	3	4	5
43	4	5	5	5	5
44	5	5	3	4	5
45	4	4	4	5	5
46	5	4	5	3	5
47	3	5	4	5	3
48	4	3	4	4	3
49	3	3	3	3	3
50	5	3	5	4	4
51	5	5	5	5	5
52	3	5	3	3	5
53	5	3	3	3	3
54	5	4	3	5	5
55	5	5	5	5	5

56	4	4	5	5	5
57	3	4	5	4	4
58	5	5	3	5	3
59	3	3	4	4	4
60	4	4	4	5	3
61	5	3	5	4	4
62	3	3	3	3	4
63	5	3	4	3	5
64	3	3	3	3	3
65	5	3	5	4	3
66	3	4	4	3	3
67	5	5	3	5	4
68	3	5	4	5	4
69	4	3	4	4	3
70	4	3	4	4	4
71	3	4	3	5	3
72	4	3	4	5	3
73	5	5	5	3	3
74	3	3	3	3	3
75	3	4	4	3	3
76	3	3	5	4	5
77	3	3	4	3	4
78	4	3	5	4	4

79	3	3	5	4	4
80	4	3	3	4	4
81	3	4	3	3	5
82	3	3	3	5	5
moyenne	3,91463415	3,92682927	3,97560976	4,06097561	4,06097561

TABLEAU 66 : Données de l'évaluation sensorielle sur la dureté

N°juge	bA	bB	bC	bD	bE
1	4	4	3	4	4
2	4	4	5	4	4
3	3	4	4	4	4
4	4	5	3	4	3
5	3	3	3	3	3
6	3	3	3	4	3
7	3	3	4	4	3
8	4	4	4	5	5
9	4	4	4	3	5
10	3	3	4	4	4
11	4	3	4	4	3
12	3	3	4	5	3
13	4	4	5	5	4
14	3	4	3	5	5
15	5	4	5	5	4

16	3	5	4	4	4
17	3	3	4	3	3
18	3	3	5	4	5
19	4	4	4	4	4
20	3	4	4	4	4
21	4	5	3	4	3
22	3	4	4	4	5
23	4	4	5	5	5
24	3	3	5	3	4
25	3	3	3	4	4
26	3	4	5	3	3
27	3	3	3	4	4
28	3	4	5	5	5
29	3	5	3	3	4
30	3	4	4	4	3
31	4	4	4	3	4
32	4	4	4	4	5
33	5	5	5	5	5
34	5	4	4	4	4
35	3	3	5	4	5
36	4	4	5	5	4
37	3	3	3	4	4
38	3	4	4	4	4

39	3	3	3	4	4
40	4	4	4	4	5
41	3	3	4	4	5
42	5	3	4	4	5
43	3	4	4	4	3
44	3	3	3	4	5
45	3	4	4	3	4
46	3	3	4	3	3
47	3	4	4	3	3
48	3	4	4	3	3
49	3	4	3	4	4
50	4	4	5	5	4
51	4	4	5	3	4
52	4	4	3	3	4
53	3	4	4	3	4
54	4	5	4	4	5
55	5	3	4	4	4
56	3	3	3	4	4
57	5	5	4	4	5
58	4	3	4	4	3
59	3	3	4	4	5
60	5	5	5	4	5
61	3	3	3	4	5

62	3	3	5	3	3
63	4	4	5	3	4
64	3	3	3	3	3
65	4	4	3	4	3
66	3	3	5	5	3
67	3	3	4	3	4
68	3	3	4	4	3
69	5	4	3	3	5
70	3	5	3	5	5
71	3	3	3	4	4
72	3	4	3	4	4
73	3	3	4	4	3
74	4	4	4	3	4
75	4	4	4	4	5
76	4	4	4	3	5
77	3	3	5	5	5
78	3	3	3	5	5
79	4	4	5	3	5
80	3	4	3	5	5
81	3	4	5	4	4
82	4	4	3	5	4
moyenne	3,51219512	3,7195122	3,93902439	3,92682927	4,07317073

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

TABLEAU 67 : Données de l'évaluation sensorielle sur l'intensité sucrée

N°juge	bA	bB	bC	bD	bE
1	4	3	4	4	4
2	5	5	4	4	5
3	3	3	5	3	4
4	4	3	3	5	5
5	5	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3
7	5	5	5	5	4
8	3	3	3	3	3
9	5	5	4	3	4
10	3	3	3	5	3
11	3	3	3	3	3
12	3	4	3	3	3
13	5	4	5	5	5
14	4	4	4	4	4
15	3	5	5	4	3
16	4	4	4	4	4
17	3	3	3	3	3
18	3	3	3	3	3
19	5	3	3	3	3
20	5	3	4	3	3
21	4	3	3	5	3
22	3	3	3	3	3

23	5	3	4	5	4
24	4	3	4	3	3
25	5	5	3	4	5
26	3	5	3	4	5
27	5	3	3	4	5
28	5	5	3	4	5
29	3	5	5	5	5
30	5	5	5	3	4
31	3	3	3	3	3
32	4	3	5	4	5
33	5	3	4	3	4
34	3	4	3	3	3
35	3	3	3	5	3
36	3	3	4	4	3
37	3	3	5	5	3
38	3	3	3	4	5
39	5	3	3	3	3
40	3	3	3	5	4
41	3	4	3	3	3
42	5	5	3	3	5
43	4	5	3	3	3
44	3	4	3	4	5
45	5	3	3	3	3

46	3	3	4	5	4
47	3	3	4	4	3
48	3	5	3	5	5
49	3	3	3	4	3
50	4	5	5	4	5
51	3	4	4	4	4
52	3	3	5	3	3
53	3	4	4	3	3
54	3	3	3	3	4
55	4	5	3	5	3
56	5	5	3	5	4
57	4	3	3	5	3
58	5	3	4	3	3
59	3	4	5	5	3
60	5	3	3	4	4
61	5	4	4	4	5
62	5	5	3	3	3
63	5	3	3	4	5
64	3	3	3	3	3
65	3	4	3	4	4
66	4	4	4	5	4
67	3	3	5	3	4
68	3	3	4	5	5

Etude de faisabilité technico-économique d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

69	3	3	3	3	5
70	5	5	5	5	5
71	3	5	3	5	3
72	3	3	3	4	4
73	3	3	5	5	5
74	4	4	3	4	5
75	5	5	4	4	3
76	4	3	4	5	3
77	5	5	5	3	3
78	3	5	3	5	5
79	5	4	5	5	5
80	5	3	4	5	4
81	5	5	5	4	5
82	3	3	4	4	5
moyenne	3,85365854	3,7195122	3,68292683	3,92682927	3,85365854

ANNEXE IX : Détails sur les calculs de la MBA

TABLEAU 68 : Tableau d'amortissement linéaire sur 5 ans

Eléments	Montant
Recette	2.651.798.172
Charge:	
Charges décaissées	2.191.051.810
Charges calculées	4.886.510.426
Résultat imposable	(4.425.764.064)
Impôt sur les sociétés (42%)	(1.858.820.907)
Résultat net	(2.566.943.157)
Amortissement	4.886.510.426
MBA	2.319.567.269

Pour le calcul de la MBA, on a :

- Recette : $2.114,7 \times 313 \text{jr}$ sacs de 1kg par an, à raison de le 4.006,33 Ariary le kg, soit 2.651.794.234 Ariary
- Charges décaissées c'est la charge de production par année : d'après le tableau 40, on a 2.191.051.810 Ariary
- Charges calculées, d'après le tableau 41, on a 4.886.510.426 Ariary

ANNEXE X : Détails sur les calculs de la DRCI

TABLEAU 69 : Tableau d'amortissement dégressif sur 5 ans

Année	VCDE	Amortissement	VNCFE
1	2191051810	985973314,5	1205078496
2	1205078496	542285323	662793172,5
3	662793172,5	298256927,6	364536244,9
4	364536244,9	164041310,2	200494934,7
5	200494934,7	200494934,7	0

$td = te \times 1,5$ (coefficient)

$te = \frac{100}{n}$ avec $n = 5$ ans d'où $te = 30\%$

n

Ainsi, $td = 30\% \times 1,5 = 0,45$

VCDE = Investissement sur une année (I) : 2.191.051.810 Ar d'après le Tableau 41

Amortissement : $I \times td$

VNCFE : VCDE – Amortissement

TABLEAU 70: Tableau de la Marge brute d'autofinancement (MBA)

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Recette	2651798172	2651798172	2651798172	2651798172	2651798172
Charge:					
Charges décaissées	2191051810	2191051810	2191051810	2191051810	2191051810
Charges calculées	985973314,5	542285323	298256927,6	164041310,2	200494934,7
Résultat imposable	-525226952,5	-81538961	162489434,4	296705051,8	260251427,3
Impôt sur les sociétés (42%)	-220595320,1	-34246363,6	68245562,43	124616121,8	109305599,5
Résultat net	-304631632,5	-47292597,4	94243871,93	172088930	150945827,8
Amortissement	985973314,5	542285323	298256927,6	164041310,2	200494934,7
MBA	681341682,1	494992725,6	392500799,6	336130240,2	351440762,5
(1+i) ⁻ⁿ	0,91	0,83	0,75	0,68	0,62
MBA actualisée	620020930,7	410843962,3	294375599,7	228568563,4	217893272,8
MBA cumulée	620020930,7	1030864893	1325240493	1553809056	1771702329

- $(1+i)^{-n}$ est donné par la table n°2 des tables financières avec taux d'actualisation $i : 10\%$
pendant $n : 5$ ans



Lalaniaina Sehen
ANDRIAMANDANJA

Adresse: AB/80 Ankadindravola
Ivato, Antananarivo 105

Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du
diplôme d'Ingénieur Agronome
Option Industries Agricoles et Alimentaires

.....
Titre : Etude de faisabilité technico-économique
d'une biscuiterie à base de farine de sorgho dans la
Commune rurale d'Analavory, de la Région Itasy

FAMINTINANA

Ny fikarohana andrana fanamboarana bisokia dia natao tamin'ny fomba mitovy fa ny fatran'ny lafarina avy amin'ny apemby ao anatin'ny no novaovaina. Mba hanamora ny fanavahana ireo bisokia izay manana fatra lafarina miovaova dia nomena anarana bA ny bisokia tsy misy afa-tsy lafarina vita amin'ny varim-bazaha izay natao fampitaha amin'ireo misy lafarina avy amin'ny apemby, bB (25% ny lafarina apemby ao anatin'ny), bC (50%), bD (75%) ary bE (100%). Ny valin'ny tombana araka ny fahafantarana eo ivelan'ireo bisokia tamin'ny olona 82 dia milaza fa bB (25%) no tena be mpitia indrindra noho ny lokony, ny hamafisany ary ny hamaminy nankafizin'izy ireo. Rehefa natao ny analizy fizika sy simika dia nahitana fahamandoana 5,21%, menaka 13,65%, totalin'ny proteina 6,75%, lavenona 74,61% ary totalin'ny 'glucide' 74,61% tao anatin'ny bB, izay toetra mitovy ny an'ny bA tsy misy apemby iany. Io teti-kasa io dia ahazoana tombotsoa ara-barotra satria manana 'Valeur Actuelle Nette' mihoatra ny iray, 'Indice de rentabilité' 1,80, Taux de Rentabilité Interne 37,97% lehibe noho ny vinavina, ary tombanana 4.006,33 Ariary ny vidin'ny bisokia iray kilao ao amin'ny orinasa. Ao anatin'ny akora akambana ho lasa bisokia dia hita fa azo atao ny manolo ny lafarina varim-bazaha ho lafarinan'apemby manomboka ny 25% hatramin'ny 50% satria ny bisokia azo dia manana seho ivelany manintona, ara-pahasalamana ary ahazoana tombotsoa ara-barotra.

Teny manan-danja : Apemby, bisokia, lafarina, analizy fizika sy simika, tombana ivelany.

RESUME

L'essai de fabrication de biscuits secs est réalisé avec les mêmes conditions de préparation en tenant compte de farine de sorgho incorporée dans l'ingrédient. Ils sont dénommés respectivement bA (référence à 0% de farine de sorgho), bB (25%), bC (50%), bD (75%) et bE (100%). Les résultats de l'évaluation sensorielle sur 82 sujets donnent que bB (25%) est le plus apprécié suivant trois critères significatifs : intensité de couleur, dureté et sucre. Le bB présente 5,21% d'humidité, 13,65% de matière grasse, 6,75% de protéines totales, 1,78% de cendres brutes et 74,61% de glucides totaux lors de l'analyse physico-chimique, cette dernière fait ressortir que bB et bA ont à peu près les mêmes caractéristiques. Le projet est rentable avec une Valeur Actuelle Nette positive, d'Indice de rentabilité 1,80 supérieurs à 1, de Taux de Rentabilité Interne 37,97% supérieur au taux exigé par l'entreprise avec une estimation de 4.006,33 Ariary le kilo à la sortie de l'usine. Ainsi, l'incorporation de farine de sorgho de 25% à 50% dans l'ingrédient des biscuits secs est importante du point de vue sensoriel, nutritionnel et commercial.

Mots-clés : sorgho, biscuit, farine, analyse physico-chimique, évaluation sensorielle.

ABSTRACT

The test of manufacture of dry biscuits is carried out with the same conditions of preparation by taking account of flour of sorghum incorporated in the ingredient. They are respectively called bA (reference to 0% of flour of sorghum), bB (25%), bC (50%), data base (75%) and bE (100%). The results of the sensory evaluation on 82 subjects give that bB (25%) is appreciated the most according to three significant criteria: intensity of color, hardness and sugar. The bB presents 5,21% of moisture, 13,65% of fat content, total protein 6,75%, 1,78% of rough ashes and total glucid 74,61% during the physicochemical analysis, the latter emphasize that bB and bA have about the same characteristics. The project is profitable with a positive Net present value, of Index of profitability 1,80 superiors with 1, Rate of profitability Interns 37,97% superior at the rate required by the company with an estimate of 4.006,33 Ariary the kilo at the exit of the factory. Thus, the incorporation of flour of sorghum from 25% to 50% in the ingredient of dry biscuits is significant from the sensory, nutritional and commercial point of view.

Key words: sorghum, biscuit, flour, analyze physicochemical, sensory evaluation.