



**ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT INDUSTRIES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR AGRONOME**

Option : Industries Agricoles et Alimentaires

**FARINE DE MANIOC DE HAUTE QUALITE ET
SON INCORPORATION DANS LES BEIGNETS
TRADITIONNELS MALAGASY**



Présenté par **Ranja Nirina RANDRIANARISON**
Promotion VONA
Année 2006 - 2011

Composition du membre de Jury :

Pr Béatrice RAONIZAFINIMANANA
Dr Roger RANDRIANARIVELO
Pr Jean Emile RASOARAHONA
Dr Roger Lalao RANAIVOSON

: Président du Jury
: Encadreur professionnel
: Examinateur
: Tuteur

Soutenu le **30 Septembre 2011**



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DEPARTEMENT INDUSTRIES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR AGRONOME

Option : Industries Agricoles et Alimentaires

FARINE DE MANIOC DE HAUTE QUALITE ET SON INCORPORATION DANS LES BEIGNETS TRADITIONNELS MALAGASY

Présenté par **Ranja Nirina RANDRIANARISON**
Promotion VONA
Année 2006 - 2011



Composition du membre de Jury :

Pr Béatrice RAONIZAFINIMANANA	: Président du Jury
Dr Roger RANDRIANARIVELO	: Encadreur professionnel
Pr Jean Emile RASOARAHONA	: Examinateur
Dr Roger Lalao RANAIVOSON	: Tuteur

Soutenu le **30 Septembre 2011**

REMERCIEMENTS

Nous rendons d'abord nos vifs remerciements à Dieu Tout puissant qui nous a donné la Foi, la Force et l'Intelligence.

Ensuite, nous tenons à adresser nos sincères remerciements à :

- Madame Béatrice RAONIZAFINIMANANA, Professeur et Chef du Département Industries Agricoles et Alimentaires qui nous a fait le grand honneur de présider le jury de ce mémoire.
- Monsieur Roger RANDRIANARIVELO, Maître de Recherches, Chercheur au sein du Département de Recherches Technologiques FOFIFA, par ses importantes remarques et conseils.
- Monsieur Jean Emile RASOARAHONA, Professeur et Directeur de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques qui malgré ses importantes responsabilités, a bien voulu examiner ce mémoire.
- Monsieur Roger Lalao RANANOVSON, Maître de Conférences, Chef du Département Recherches technologiques au FOFIFA Ambatobe qui nous a soutenus et nous a ainsi facilité notre travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude à :

- Mademoiselle Vonimihaingo RAMAROSON, Responsable technique au Laboratoire d'Analyse Sensorielle à Ambatobe pour ses précieux conseils.
- Madame Voahangy RAKOTOMALALA, Assistante du Responsable au Laboratoire d'Analyse Sensorielle à Ambatobe pour ses aides précieuses.
- Tous les enseignants et au personnel du Département JAA et de l'ESSA qui ont bien voulu nous transmettre leurs connaissances et expériences pendant notre passage à cette prestigieuse école.
- Personnel du FOFIFA Ambatobe du Département Recherches Technologiques
- Fabricants de mofo gasy d'Andravoahangy : Messieurs Honoré, Fano, Eric, Patrick, Vonjy, Sasa pour leur grande contribution dans la réalisation des essais de fabrication des beignets.
- Tous les étudiants de la promotion Vona de l'ESSA, surtout ceux du Département JAA
- ma famille et ami proche qui m'ont soutenu et épaulé durant mes dures épreuves. ainsi que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

À vous tous, Merci !...

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE.....	i
GLOSSAIRE	ii
LISTE DES ABREVIATIONS	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	vi
INTRODUCTION GENERALE.....	- 1 -
Partie I : GENERALITES	- 3 -
I. Contexte de l'étude.....	- 3 -
II. Connaissance sur les beignets traditionnels Malagasy.....	- 6 -
III. Etat de connaissances sur le manioc	- 18 -
Partie II : ETUDES TECHNIQUES.....	- 24 -
I. Recherche d'une meilleure conservation du manioc	- 24 -
II. Effets de l'incorporation de la FMHQ dans les beignets	- 30 -
Partie III : ETUDE FINANCIERE	- 66 -
I. Ergonomie de l'usine.....	- 66 -
II. Estimation du cout de revient de la FMHQ	- 66 -
III. Etude comparative des marges bénéficiaires des beignets	- 71 -
CONCLUSION GENERALE	- 75 -
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	- 77 -
PARTIES EXPERIMENTALES.....	- 81 -
ANNEXES	- 87 -
ANNEXE 1 : Présentation des artisans qui ont participe aux essais d'incorporation de la FMHQ dans les beignets	- 87 -
ANNEXE 2 : Analyse en composantes principales du mofo gasy	- 92 -
ANNEXE 3 : ACP <i>Menakely</i>	- 105 -
ANNEXE 4 : Détails des calculs sur les marges bénéficiaires des produits	- 115 -

GLOSSAIRE

Acceptabilité	: Etat d'un produit reçu favorablement par un individu déterminé ou une population déterminée, en fonction de ses propriétés organoleptiques.
Analyse sensorielle	: Examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes de sens.
Aversion	: Sentiment de répulsion provoqué par un stimulus.
Consommateur	: Toute personne qui utilise un produit.
Couleur	: Sensation produite par la stimulation de la rétine par des ondes lumineuses de longueur d'onde variable
Dégustateur	: Sujet, sujet qualifié ou expert qui évalue les propriétés organoleptiques d'un produit alimentaire, principalement avec la bouche.
Dégustation	: Evaluation sensorielle d'un produit alimentaire dans la bouche.
Discrimination	: Différenciation qualitative et/ou quantitative entre deux ou plusieurs stimuli.
Ergonomie	: Etude quantitative et qualitative du travail dans l'entreprise, visant à améliorer les conditions de travail et à accroître la productivité.
Expert	: Sujet qui, par sa grande expérience du produit, est capable d'effectuer, individuellement ou dans un jury, l'évaluation sensorielle de ce produit.
Hédonique	: Se rapportant au caractère plaisant ou déplaisant.
Jury	: Groupe de sujets choisis pour un essai sensoriel.
Menakely	: Beignets à base de farine de blé, de semoule de riz et de sucre.
Mofo gasy	: sorte de petite galette sucrée typiquement Malagasy à base de semoule de riz.
Organoleptique	: Qualifie une propriété d'un produit perceptible par les organes de sens.
Propriété	: Caractéristique perceptible.
Préférence	: Exprime l'état ou la réaction affective d'un sujet qui l'amène à trouver un produit meilleur qu'un ou plusieurs autres.
Produit	: Produit consommable ou non pouvant faire l'objet d'une analyse sensorielle.
Qualité	: Ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites.
Ramanonaka	: sorte de petite galette salée typiquement Malagasy à base de semoule de riz
Sensation	: Réaction subjective résultant de la stimulation sensorielle.
Sujet	: Toute personne prenant part à un essai sensoriel.
Sujet qualifié	: Sujet choisi pour sa capacité à effectuer un essai sensorielle.

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP	: Analyse en Composantes Principales
AFNOR	: Association Française de NORmalisation
ANOVA	: Analyse de la Variance
CFC	: Common Fund for Commodities
CIRAD	: Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNRADE	: Centre National de la Recherches Appliquées au Développement Rural (FOFIFA version Malagasy)
CNRE	: Centre National de Recherche sur l'Environnement
FAO	: Food and Agricultural Organisation
FMHQ	: Farine de Manioc de Haute Qaulité
FOFIFA	: FOibem-pirenena momba ny FIkarohana ampiarina amin'ny Fampandrosoana any Ambanivohitra (CNRAD version française)
FIFAMANOR	: FIompana sy FAmbolena Malagasy NORvezianina
HQCF	: High Quality Cassava Flour
IITA	: International Institute of Tropical Agriculture – Institut International d'Agriculture Tropicale
INSTAT	: Institut National des STATistiques
OMS	: Organisation Mondial de la Santé
VE	: Valeur Energétique
TH	: Taux d'hydratation
USD	: United States Dollar (dollar américain en français)
Ar	: Ariary (unité monétaire Malagasy)
T	: Tonne (équivalent à 1000 kg)
kg	: Kilogramme (unité de mesure la plus courante à Madagascar)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Composition biochimique de la semoule de riz.....	- 9 -
Tableau n°2 : Composition biochimique de la farine de blé	- 11 -
Tableau n°3 : Bases de calcul pour la formulation des beignets	- 15 -
Tableau n°4 : Physiologie du manioc.....	- 20 -
Tableau n°5 : Compositions biochimiques de la FMHQ	- 29 -
Tableau n°6 : Formulation des échantillons	- 33 -
Tableau n°7 : Résultats des tests discriminatifs du <i>mofo gasy</i>	- 35 -
Tableau n°8 : Présentation des échantillons du <i>mofo gasy</i> pour le profil flash.....	- 36 -
Tableau n°9 : Méthodologie du profil flash	- 36 -
Tableau n°10 : Position des individus et des variables sur les axes principaux (<i>mofo gasy</i>)	- 39 -
Tableau n°11 : Liste des descripteurs correlés	- 41 -
Tableau n°12 : Listes des descripteurs anti corrélés (<i>mofo gasy</i>).....	- 42 -
Tableau n°13: Présentation des échantillons du <i>mofo gasy</i> pour l'évaluation hédonique.....	- 43 -
Tableau n°14 : Répartition en tranche d'âge des dégustateurs du <i>mofo gasy</i>	- 45 -
Tableau n°15 : Fréquence de consommation de <i>mofo gasy</i> des dégustateurs.....	- 45 -
Tableau n°16 : Résultats des sommes des rangs, cas du <i>mofo gasy</i>	- 46 -
Tableau n°17 : Détermination de la valeur F du test de FRIEDMAN, cas du <i>mofo gasy</i>	- 47 -
Tableau n°18: Moyenne de l'acceptabilité des juges sur les <i>mofo gasy</i>	- 47 -
Tableau n°19 : Résultats ANOVA des regroupements des produits sur XLSTAT	- 48 -
Tableau n°20 : Formulation du <i>menakely</i> pour le test discriminatif	- 48 -
Tableau n°21 : Résultats des tests discriminatifs du <i>menakely</i>	- 49 -
Tableau n°22 : Présentation des échantillons de <i>menakely</i> pour l'élaboration du profil flash.....	- 50 -
Tableau n°23 : Regroupement des résultats de la position des individus et variables sur l'axe principal.....	- 51 -
Tableau n°24 : Répartition en tranche d'âge des sujets.....	- 53 -
Tableau n°25 : Fréquence de consommation des dégustateurs	- 54 -
Tableau n°26 : Résultats des sommes des rangs, cas du <i>menakely</i>	- 54 -
Tableau n°27 : Détermination de la valeur de F du test de FRIEDMAN.....	- 55 -
Tableau n°28 : Moyenne de l'acceptabilité des sujets sur le <i>menakely</i>	- 56 -
Tableau n°29 : Formulation beignets pour le test discriminatif	- 56 -
Tableau n°30 : Résultats des tests discriminatifs du <i>ramanonaka</i>	- 57 -
Tableau n°31 : Répartition en tranche d'âge des dégustateurs du <i>ramanonaka</i>	- 57 -

Tableau n°32 : Fréquence de consommation de <i>ramanonaka</i> des dégustateurs	- 58 -
Tableau n°33 : Résultats des sommes des rangs, cas du <i>ramanonaka</i>	- 58 -
Tableau n°34 : Détermination de la valeur F du test de FRIEDMAN, cas du <i>ramanonaka</i>	- 59 -
Tableau n°35 : Moyenne de l'acceptabilité des juges sur les <i>ramanonaka</i>	- 59 -
Tableau n°36 : Incorporation de la FMHQ sur le <i>mofo gasy</i>	- 61 -
Tableau 37 : Incorporation de la FMHQ sur le <i>ramanonaka</i>	- 62 -
Tableau n°38 : Résultats de la valeur énergétique du <i>ramanonaka</i>	- 64 -
Tableau n°39 : Résultats de la valeur énergétique du <i>menakely</i>	- 64 -
Tableau n°40 : Répartition des charges de l'Entreprise FAR'MAN.....	- 67 -
Tableau n°41 : Liste des matériels et outillages pour la fabrication de la FMHQ	- 68 -
Tableau n°42 : Récapitulation des coûts d'investissements de l'usine FAR'MAN.....	- 69 -
Tableau n°43 : Besoins en énergie et en eau de l'usine FAR'MAN	- 70 -
Tableau n°44 : Détermination du prix de revient d'1Kg de FMHQ.....	- 71 -
Tableau n°45 : Comparaison des coûts de productions annuels d'un <i>ramanonaka</i> standard et d'un <i>ramanonaka</i> à 50% de FMHQ	- 72 -
Tableau n°46 : Comparaison des coûts de productions annuels d'un <i>Menakely</i> standard et d'un <i>Menakely</i> à 50% de FMHQ.....	- 74 -
Tableau n°47 : Diagonalisation sur ACP, <i>mofo gasy</i>	- 95 -
Tableau n°48 : Position des individus principaux sur les axes principaux (<i>mofo gasy</i>).....	- 96 -
Tableau n°49 : Position des variables principales sur les axes principaux (<i>mofo gasy</i>).....	- 96 -
Tableau n° 50 : Position en coordonnées des individus et des descripteurs sur les axes principaux (<i>mofo gasy</i>).....	- 101 -
Tableau n°51 : Position des individus principaux sur les axes principaux (<i>menakely</i>).....	- 105 -
Tableau n°52 : Position des variables principales sur les axes principaux (<i>menakely</i>).....	- 105 -
Tableau n°53 : Liste des descripteurs du <i>mofo gasy</i>	- 114 -
Tableau n°54 : Liste des matériels pour la fabrication du <i>ramanonaka</i>	- 115 -
Tableau n°55 : Chronogramme de fabrication du <i>ramanonaka</i>	- 115 -
Tableau n°56 : Quantité de bois de chauffe par jour	- 115 -
Tableau n°57 : Besoins en matières premières par an, <i>ramanonaka</i> à 0% FMHQ	- 115 -
Tableau n°58 : Besoins en matières premières par an, <i>ramanonaka</i> à 50% FMHQ	- 116 -
Tableau n°59 : Liste des matériels pour la fabrication du <i>menakely</i>	- 116 -
Tableau n°60 : Besoins en matières premières par an, <i>menakely</i> standard	- 116 -
Tableau n°61 : Besoins en matières premières par an, <i>menakely</i> A 50% de FMHQ	- 117 -
Tableau n°62 : Besoins en main d'œuvre de l'usine FAR'MAN.....	- 117 -

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure n°1 : Diagramme de réalisation des activités	- 5 -
Figure n°2 : Moulin à marteau, Cliché Auteur.....	- 8 -
Figure n°3 : Processus de fabrication du <i>mofo gasy</i>	- 14 -
Figure n°4 : Moule en argile cuite pour la cuisson du <i>mofo gasy</i> , cliché auteur.....	- 15 -
Figure n°6 : Etapes de la préparation du moule avant cuisson, Cliché auteur	- 16 -
Figure n°5 : Trempage du moule par de l'huile, Cliché auteur	- 16 -
Figure n°7 : Processus de fabrication du <i>ramanonaka</i>	- 17 -
Figure n°8 : Processus de fabrication du <i>menakely</i>	- 17 -
Figure n°9 : Production de manioc à Madagascar.....	- 22 -
Figure n°10 : Lavage du cylindre central du manioc, Cliché auteur	- 25 -
Figure n°11 : Broyeur à marteaux, Cliché auteur.....	- 26 -
Figure n°12 : Pressage des pulpes de manioc, Cliché auteur	- 26 -
Figure n°13 : Séchage au soleil des pulpes de manioc.....	- 27 -
Figure n°15 : Diagramme de fabrication de la FMHQ.....	- 28 -
Figure n°16 : Déroulement des épreuves sensorielles.....	- 32 -
Figure n°17 : Processus de fabrication du <i>mofo gasy</i> pour le test discriminatif.....	- 34 -
Figure n°18 : Système de notation des produits pour le test de préférence.....	- 44 -
Figure n°19 : Histogramme des sommes des rangs du <i>mofo gasy</i>	- 46 -
Figure n°20 : Histogramme des moyennes de note d'acceptabilité du <i>mofo gasy</i>	- 47 -
Figure n°21 : Histogramme des sommes des rangs du <i>menakely</i>	- 55 -
Figure n°22 : Histogramme des moyennes des notes de l'acceptabilité du <i>menakely</i>	- 56 -
Figure n°23 : Histogramme des sommes des rangs du <i>ramanonaka</i>	- 58 -
Figure n°24 : Histogramme de la moyenne des notes sur l'acceptabilité du <i>ramanonaka</i>	- 59 -
Figure n°25 : Diagramme de fabrication du <i>mofo gasy</i> , FMHQ participe à la fermentation	- 61 -
Figure n°26 : Fabricant de beignets traditionnels d'Ankadifotsy.....	- 87 -
Figure n°27 : Pétrissage du pâte à <i>menakely</i>	- 88 -
Figure n°28 : Résultat de la cuisson du <i>menakely</i> à 85% de FMHQ.....	- 88 -
Figure n°29 : Fabricant de beignets traditionnels de Mandihilaza	- 90 -
Figure n°30 : Présentation du <i>mofo gasy</i> à 50% de FMHQ	- 91 -
Figure n°31 : Présentation du <i>menakely</i> à 50% de FMHQ.....	- 92 -

INTRODUCTION GENERALE

Depuis le Sommet Mondial de l'Alimentation (SMA) de 1996, l'objectif de "réduire à moitié le nombre de personnes sous-alimentées dans le monde en 2010" reste encore difficile à atteindre pour de nombreux pays. En effet, la faim dans le monde persiste, surtout après la crise économique internationale de l'année 2009. Le prix élevé des denrées alimentaires en est la principale cause. Selon la publication de la FAO, Madagascar figure parmi les pays à risque élevé pour lesquels une hausse des prix alimentaires peut aggraver l'insécurité alimentaire (FAO, 2008). Les enquêtes menées par les services de la Statistique en 2011 révèlent que 76,5% des ménages, soit plus du quart des ménages de la grande île sont pauvres. Aussi, près de 82% des ménages ont un revenu inférieur ou égal à leurs besoins fondamentaux. Le niveau de la consommation annuelle moyenne par tête à Madagascar est estimé à 202 USD (1 USD = 2.000 Ar) dont l'alimentation représente plus de 65% de la consommation annuelle (INSTAT, 2011). En conséquence, la fluctuation des prix des denrées alimentaires amenuise le pouvoir d'achat de la majorité des ménages.

Depuis 2005 jusqu'en 2011, le prix du kilo de riz et de la farine de blé n'ont cessé d'augmenter. D'après les enquêtes effectuées auprès des commerçants d'Andravoahangy, en 2004, la vente du riz à 700 Ariary (Ar) le kilo avait du mal à s'imposer sur le marché. Plus grave encore, en 2011, le prix d'un kilo est presque le double, soit à 1300 Ar. La raison fondamentale de la flambée des prix est due à l'insuffisance de l'offre locale face à la demande. En dépit de ces circonstances, chaque année, Madagascar a besoin d'importer 100.000 tonnes de riz en provenance d'Asie pour couvrir les besoins de la population. (Andrianarisoa, 2004).

Néanmoins, malgré cette situation, des opportunités s'ouvrent aux petits exploitants agricoles. Ils ont investi dans la culture de manioc pour remédier la situation. En effet, le prix élevé des denrées alimentaires incite les agriculteurs à augmenter davantage leur production locale. L'exploitation du manioc serait un atout pour les agriculteurs dans la mesure où le manioc est une plante facile à cultiver et ne demande pas d'investissements élevés pour sa production.

Depuis 2003, Madagascar a bénéficié d'un projet d'étude et d'intégration de la filière manioc mené par le Centre National de Recherche Appliquée pour le Développement Rural (FOFIFA version Malagasy) situé à Ambatobe-Antananarivo. Les parties prenantes de ce projet incluent les agriculteurs, les unités de transformation du manioc et les utilisateurs finaux de la Farine de Manioc de Haute Qualité (FMHQ). Conscient des enjeux économiques engendrés par cette transformation, le projet sur la FMHQ a pour objectif de dynamiser les petites entreprises de fabrication de pain (boulangerie/pâtisserie) et les commerçants de beignets d'Antananarivo.

Les beignets traditionnels Malagasy représentent une part importante de la consommation alimentaire journalière à des millions de consommateurs nantis ou démunis. Cette activité que ce soit formelle ou informelle aide la population à lutter contre la pauvreté. Dans ce secteur, l'éducation et les compétences dans la transformation alimentaire sont souvent limitées, et l'investissement en terme monétaire est faible. La plupart du temps, le commerce est une petite baraque en bois ou en dur, le sol est fait de terre battue ou de parquet de mauvaise qualité. Le vendeur est placé derrière un petit comptoir plus ou moins crasseux et devant lui se trouve une petite étagère protégée d'une vitrine derrière laquelle sont placés les *mofo*. Souvent, il n'y a pas d'exploitation en vergure mais seulement une comptabilité familiale. Cette activité a aussi l'avantage de procurer des débouchés aux producteurs agricoles urbains et périurbains ainsi qu'aux transformateurs locaux de denrées alimentaires et contribue en outre à la croissance économique sur toutes les échelles géographiques.

De par son importance sociale et économique, l'activité impliquant la fabrication de beignets mérite une attention particulière. Bien qu'en phase expérimentale, notre étude vise à contribuer à la dynamisation de cette activité. Elle a pour objectif principal de **valoriser la Farine de Manioc de Haute Qualité par son incorporation dans la formule des beignets traditionnels Malagasy.**

Le présent travail est divisé en trois grandes parties. La première partie présente les généralités sur le contexte de l'étude. La deuxième partie développe les études techniques pour la fabrication de la FMHQ et la formulation des beignets traditionnels Malagasy. Enfin, la troisième partie traite les impacts économiques de l'incorporation de la FMHQ dans les beignets.

PARTIE I : GENERALITES

I. CONTEXTE DE L'ETUDE

I.1. Raisons du choix du thème

Si les français sont fiers de leurs croissants et pain au chocolat, les américains de leurs donuts, les malagasy sont fiers de leurs " *mofo gasy*" . Le " *mofo gasy* " est l'accompagnement classique du thé ou du café que les Malagasy prennent au petit déjeuner parfois même, tout au long de la journée.

(Vaisse C., 1990)

Depuis le 16^{ème} siècle, époque de la monarchie, les Malagasy consomment les *mofo gasy*. Ce sont de sortes de petits beignets à base de semoule de riz. Durant cette époque, le mofo gasy occupait une place importante dans la vie quotidienne des Malagasy. C'était le symbole du " *Fihavanana Malagasy*" c'est-à-dire signe de cohésion et de fraternité. Ils ont été servis avec du thé ou du café pour les invités. Au fil du temps, le symbole social du beignet évolue. Actuellement, l'aspect économique du beignet traditionnel Malagasy prédomine. Les beignets sont vendus et apportent une source de revenus conséquents et réguliers à des millions d'hommes et de femmes dans le pays.

Le manioc est devenu une culture de plus en plus importante dans de nombreux pays tropicaux et sub-tropicaux en particulier en Afrique. Cela s'explique par sa faible exigence en qualité des sols, par son rendement élevé, sa résistance aux maladies et aux parasites et par son rôle tampon par rapport aux crises de production de riz (Ranaivoson, 2001). Il est cultivé dans toutes les régions de Madagascar et en particulier dans les provinces de Fianarantsoa et de Tuléar qui fournissent plus de 65% de la production nationale. La production moyenne tourne autour de 2.400.000 tonnes par an, dont les 60% pour l'autoconsommation, avec un rendement moyen de 7 tonnes/ha, pour une superficie totale de 352.345 ha (Statistiques agricoles, 2002). En termes de sécurité alimentaire, le manioc joue un rôle important dans les zones rurales de différents pays en Afrique. A Madagascar, il se situe au troisième rang des cultures vivrières après le riz et le maïs. Il sert de denrées de substitution et de réserve en cas de famine et de disette. Il est comparable au riz en termes de calories et de consommation usuelle pour la population Malagasy. Au

niveau national, il représente 14% des calories consommées ; il est particulièrement important dans le sud où il fournit 27% de toutes les calories consommées.

De tout ce qui précède, le manioc présente un potentiel qui mérite d'être exploité, dans la mesure où il pourrait contribuer à la sécurité alimentaire à l'échelle nationale. Son incorporation dans la formule des beignets traditionnels Malagasy présente des enjeux économiques considérables pour le pays. Trois acteurs peuvent être considérés comme principaux bénéficiaires dans cette filière manioc : les agriculteurs qui cultivent le manioc, les usines de transformation du manioc en Farine de Manioc de Haute Qualité (FMHQ) et les commerçants de beignets traditionnels Malagasy.

I.2. Objectifs de l'étude

En collaboration avec l'IITA et le CFC/FAO, notre étude au sein de la DRT-FOFIFA a pour but de valoriser la Farine de Manioc de Haute Qualité (FMHQ) produite à partir des méthodes développées par ces institutions, par son incorporation dans la formulation des beignets traditionnels Malagasy. En effet, la substitution d'une grande partie de la farine de blé ou de la semoule de riz par la farine de manioc peut engendrer des gains économiques pour les commerçants de beignets, vue la fluctuation des prix du riz et de la farine de blé au niveau mondial. Mais avant de mettre les beignets sur le marché, nombreux sont les questions qui nécessitent des réponses pertinentes :

- ☞ Les beignets incorporés de FMHQ seront-ils acceptés par les consommateurs ?
- ☞ Quels sont les apports nutritionnels occasionnés par la consommation de ces beignets ?
- ☞ Quels sont les pourcentages de bénéfices obtenus par les commerçants ?

Afin de répondre à ces questions, il faut :

- ☞ évaluer la situation actuelle des beignets et du manioc à Madagascar ;
- ☞ remplacer une grande partie de la semoule de riz et de la farine de blé par la FMHQ dans la formule des beignets traditionnels Malagasy ;
- ☞ étudier les effets de l'incorporation de la FMHQ dans les beignets à partir des différentes analyses des produits finis et de l'étude de rentabilité.

I.3. Etapes de réalisation du travail

Pour atteindre les objectifs spécifiques fixés précédemment, les démarches suivantes ont été adoptées :

- ☞ Recherches bibliographiques : pour la collecte des données déjà existantes auprès de l'INSTAT ;
- ☞ Expérimentation au laboratoire : pour la formulation des produits et la mesure des paramètres de fabrication ;
- ☞ Fabrication des produits auprès des commerçants : pour l'exposition des résultats et pour les essais en situation réelle ;
- ☞ Analyse physico-chimique et analyse sensorielle des produits finis pour l'élaboration du profil sensoriel et détermination de la valeur nutritionnelle des produits ;
- ☞ Etude de rentabilité : étude comparative des marges bénéficiaires des beignets habituels et ceux incorporés de FMHQ.

Le diagramme de réalisation des activités est présenté dans la figure suivante :

Etude de la valorisation de la FMHQ par son incorporation dans la formule de fabrication des beignets traditionnels Malagasy

Evaluation de la situation actuelle des beignets traditionnels malgaches et du manioc à Madagascar

Formulation des produits au laboratoire

Formulation des produits auprès des artisans

Analyse sensorielle des produits finis

Analyse de la valeur nutritionnelle des produits finis

Etude de rentabilité des produits

Figure n°1 : Diagramme de réalisation des activités

II. CONNAISSANCE SUR LES BEIGNETS TRADITIONNELS MALAGASY

II.1. Définitions, historique et évolution

Les beignets traditionnels Malagasy sont de sortes de petites galettes sucrées et salées à base de semoule de riz inspirées par les méthodes apportées par les Portugais dès le 16^{ème} siècle. Ils sont cuits traditionnellement dans des moules en argile. Au début, l'appellation *mofo gasy* désignait toutes galettes ou beignets conçus uniquement à partir des cultures vivrières des Malagasy telles que le riz pétri ou la farine de manioc. La farine de blé n'est introduite que plus tard, vers le 19^{ème} siècle par les européens. Elle constitue l'ingrédient principal du *menakely*, beignet hérité des Européens.

Les beignets traditionnels Malagasy présentent donc trois variétés :

- ☞ *mofo gasy* : galette sucrée à base de semoule de riz,
- ☞ *ramanonaka* : galette salée à base de semoule de riz,
- ☞ *menakely* : beignet sucré à base de farine de blé.

Les beignets sont considérés comme un "aliment complet" car ils renferment des glucides et des lipides. Cependant, ils sont pauvres en protéines. Ils font partie des plats cuisinés des Malagasy et aussi de la gastronomie en addition de parfum et d'arômes. Il est à noter que l'appellation *mokary* désigne des sortes de galettes héritées de la civilisation musulmane. Le processus de fabrication est le même que celui du *mofo gasy*. La différence se situe au niveau de la forme du moule de cuisson et de l'arôme au coco. Les moules pour cuire les *mofo gasy* sont en argile, tandis que ceux pour cuire le *mokary* sont en aluminium.

Les petits commerces de *mofo gasy*, *ramanonaka* et *menakely* font partie du paysage malagasy, de la couleur locale du pays et on en trouve un peu partout dans toute l'île. Chaque quartier, chaque village a au moins son petit commerce de *mofo gasy*. Pour une grande majorité des malagasy, ces produits équivalent au riz. Une grande partie de la population fait du *mofo gasy* et du café les principales composantes de son petit déjeuner.

Ratsiazo L., DMD n°652 du 04/11/99

II.2. Connaissance des matières premières

II.2.1. Riz

La semoule de riz est l'élément de base de la fabrication des beignets traditionnels Malagasy. Elle est généralement de couleur blanche et a une odeur et une saveur variables suivant le riz.

II.2.1.1. Culture de la plante – description

Le riz, *Oryza sativa* est une céréale de la famille des Poacées ou Graminées cultivée dans les régions tropicales et tempérées chaudes pour son grain riche en amidon. Il a été introduit à Madagascar au 16^{ème} siècle, avec le manioc. C'est une plante annuelle glabre à chaume dressé ou étalé de hauteur variable, allant de moins d'un mètre jusqu'à cinq mètres de hauteur pour les riz flottants. La plante est prédisposée au tallage, formant un bouquet de tiges à racines fasciculées. Les fleurs en épillets uniflores sont groupées en panicules de 20 à 30 cm, dressées ou pendantes. Le fruit est un caryopse enveloppé dans deux glumelles grandes, coriaces et adhérentes, l'ensemble formant le paddy.

II.2.1.2. Structure du grain de riz

Les grains de riz contiennent un germe complet ainsi que toutes les composantes structurelles et les systèmes enzymatiques nécessaires à la croissance d'une nouvelle plante. Ils comportent cinq parties principales :

- ☞ les glumes : points d'attache à la tige ;
- ☞ les glumelles inférieures et glumelles supérieures : enveloppe protectrice externe ;
- ☞ le germe : destiné à former la nouvelle plante ;
- ☞ l'albumen : réservoir d'amidon nécessaire à la germination.

II.2.1.3. Transformation du riz en semoule de riz

▪ Préparation des grains à la mouture

Après battage, le riz est entouré de son enveloppe barbue. Il est appelé "riz paddy" ou "riz non décortiqué". Le décorticage sert à enlever la première enveloppe ou balle et à obtenir un grain de couleur légèrement brune, encore recouvert d'une pellicule foncée, appelé riz "cargo", riz "complet", riz "brun" ou encore riz "décortiqué". Le blanchiment est une opération qui consiste à débarrasser le riz de cette pellicule brune et du germe pour

obtenir le riz "*blanchi*". Les deux opérations successives de décorticage et de blanchiment mécanisées sont appelées "*usinage du riz*".

▪ Mouture des grains de riz

La semoule de riz résulte de la mouture des grains décortiqués. Elle se distingue de la farine par la finesse des particules. Pour la farine, la taille des particules est inférieure à 0,7 mm tandis que la granulométrie de la semoule est comprise entre 0,7 et 1 mm. Pour la plupart des meuneries existant à Madagascar, la mouture des grains de céréales en générale est réalisée à l'aide d'un moulin à marteaux. Ce dernier est toujours entraîné par un moteur électrique, à gasoil ou à essence.



Figure n°2 : Moulin à marteau, (Cliché Auteur, 2011)

Le principe du moulin ou broyeur à marteau est de pulvériser le grain en le projetant à grande vitesse contre les parois de la chambre de broyage à l'intérieur de laquelle tourne un rotor sur lequel sont fixés les marteaux. La farine sort par une grille située à la base de la chambre de broyage.

Le moulin à marteau est fabriqué à partir de pièces métalliques en tôle. La carcasse en fonte réduit les vibrations et diminue le niveau sonore. Le rôle des marteaux est de frapper le grain et de lui communiquer une vitesse de rotation suffisamment élevée pour qu'il aille se pulvériser contre les parois de la chambre de broyage. Les marteaux peuvent être fixes ou mobiles. Les perforations de la grille dépendent de la taille des particules recherchée. Leur diamètre peut varier de 0,5 mm à 3 mm, et jusqu'à 5 mm pour les grosses brisures de maïs. Les diamètres supérieurs à 1 mm sont utilisés pour la production de semoule ou de brisures. Les diamètres inférieurs à 1mm sont utilisés pour les farines de panification par exemple.

(Broutin C., 2003)

▪ **Composition biochimique de la semoule de riz**

La semoule de riz est un aliment énergétique riche en glucides avec une proportion de 77,56 % (cf Tableau n°1). La teneur en protéine est cependant faible, 7,56 % et ne contient pas de gluten. Elle renferme des éléments minéraux, des vitamines B1 et B2.

Tableau n°1 : Composition biochimique de la semoule de riz

COMPOSITIONS BIOCHIMIQUES	POURCENTAGE
Teneur en eau	13,84
Protéines	7,56
Lipides	0,52
Glucides	77,56
Cellulose	0,18
Matières minérales	0,54
Vitamines B1 et B2	

Source : Cérighelli *in* Andriatsiorimanana, 1982

II.2.2. Blé

II.2.2.1- Culture de la plante – description

Le blé est une céréale appartenant à la famille des Graminées. Originaire du Moyen-Orient, il a été introduit à Madagascar au 19^{ème} siècle. Il s'est développé à partir des années 70 grâce aux efforts du projet malgacho-norvégien FIFAMANOR. Ce projet a mis au point de nouvelles variétés résistantes aux rouilles et des variétés productives. Le rendement est de 2 tonnes/ha (Valy, 1993). Il existe deux types de blé :

- ☞ le **blé tendre**, *Triticum aestivum* ou *vulgare*, dont la farine est utilisée dans la fabrication de pain, le plus cultivé à Madagascar ;
- ☞ le **blé dur**, *Triticum durum*, utilisé en semoulerie pour la fabrication de pâtes alimentaires, adapté aux régions plus arides, il est cultivé en petites parcelles dans la région de Toliara. (Ranaivoson, 2010)

II.2.2.2. Structure du grain de blé

Le grain de blé est un fruit contenant une seule graine dont le tégument très mince est soudé à maturité au tégument du fruit : on dit que c'est un caryopse. Il comprend 3 parties essentielles : les enveloppes, l'endosperme, le germe.

- ☞ L'enveloppe protège les deux parties de l'amande (germe et albumen). Examiné au microscope, elle présente plusieurs couches de cellules très différentes.

- ☞ L'assise protéique, appelée couche à aleurone, est riche en matières azotées (grains d'aleurone). Elle est de forme cubique, excepté au niveau de l'embryon (environ 30 µ d'épaisseur).
- ☞ L'albumen amylacé ou amande est constitué de cellules allongées, disposées radialement, plus courtes au voisinage de l'assise protéique (80 à 100 µ contre 800 µ au centre). Elles contiennent des grains d'amidon. Elles contiennent aussi une réserve protéique. Les enveloppes qui entourent les grains d'amidon, s'appellent les pentosanes.
- ☞ Le germe constitue la future plante. Il est formé par de l'embryon et du scutellum, qui renferme les matières nutritives nobles. Il est riche en protéines, en matières grasses et en vitamines.
- ☞ L'assise protéique est la première assise de l'endosperme, mais par la nature cellulosique de ses parois, elle s'apparente beaucoup plus aux enveloppes auxquelles elle est intimement soudée, qu'à l'amande farineuse (Ranaivoson, 2010).

II.2.2.3. Production de blé à Madagascar

Dans les années 70, le projet du FIFAMANOR a diffusé pour les cultures de contre-saison des variétés de blé tendre. Les zones les plus favorables pour la culture de blé sont : le Vakinakaratra et les Hautes Terres en général. La récolte a lieu quand les plantes virent au jaune. Le rendement de production varie entre 1,5 à 3,5 tonnes/ha suivant la variété et les conditions culturales (Valy, 1993).

II.2.2.4. Farine de blé

▪ Variétés

La farine de blé est élaborée à partir de grain de blé ordinaire, *Triticum aestivum L.*, ou de blé ramifié, ou tout mélange de ces derniers. Elle est produite par procédé de mouture ou de broyage dans lesquels le son et le germe sont partiellement éliminés et le reste réduit en poudre suffisamment fine (Ranaivoson, 2004)

La farine de blé peut être classée en trois types :

- ☞ **type 45** : utilisé pour la viennoiserie
- ☞ **type 55** : utilisé pour la fabrication du pain français
- ☞ **type 150** : utilisé pour la fabrication du pain complet

Cette classification est basée en fonction de deux facteurs. En premier lieu, la différence réside au niveau de la teinte. Le type 45 paraît très blanche à l'œil nu, tandis que le type 150 est presque marron. En second lieu, la classification des farines s'effectue d'après la quantité de matières minérales présentes, c'est-à-dire le taux de cendres. Les matières minérales se trouvent en grande quantité dans les enveloppes puis dans le germe, mais en faible pourcentage dans l'amande. Par conséquent, plus la quantité d'enveloppe dans la farine est élevée, plus il restera de résidus après incinération et plus le taux de cendre sera élevé. Le taux de cendre est donc en relation directe avec le taux d'extraction. Le type 55 est considéré comme la farine standard. Il possède les caractéristiques idéales pour la fabrication des beignets.

▪ Composition biochimique de la farine de blé

Le comportement des pâtes est fonction de la composition biochimique de la farine. Ainsi, il est indispensable de connaître en détail cette composition (cf Tableau n°2).

Tableau n°2 : Composition biochimique de la farine de blé

COMPOSITIONS BIOCHIMIQUES	POURCENTAGES
Teneur en eau	13,30
Protéines	11,0
Lipides	1,0
Glucides	74,00
Cellulose	0,35
Matières minérales	0,35
Vitamines	B – PP - E

Source : Cérighelli, 1982

* Amidon

L'amidon est le principal composant de la farine. Sa proportion varie de 65 à 72% selon le type de blé. Il est composé de longues chaînes de différents glucides. Les amylases, enzymes naturels contenus dans les céréales, sont capables de fragmenter ces chaînes pour former la dextrine, composée d'unités plus petites, à leur tour décomposées pour former le glucose. L'amidon joue un rôle important dans la fermentation du *mofo gasy*. Les glucides donnent aux produits un goût sucré et réagissent avec les acides aminés lors de la cuisson pour former la couleur et l'arôme. La dextrine a une action liante et épaississante dans la pâte, elle contribue donc à la formation de la structure et de la texture des produits.

*** Gluten**

Le gluten est une protéine spiralée classée dans la famille des protides. Il est insoluble dans l'eau et est formé de deux matières azotés : la gliadine et le gluténine. Au contact de l'eau et de la chaleur, les spirales se déroulent, les acides aminés qui forment les différentes chaînes protéiques réagissent entre eux, si bien que les chaînes s'enchevêtrent pour former un réseau. Cette structure réticulaire emprisonne les grains d'amidon pour former la texture de la mie des pains. Le gluten se coagule et perd toute son élasticité à partir de 50°C. Il absorbe trois fois son poids en eau.

*** Matières grasses**

Les matières grasses sont classées dans la famille des lipides. Elles proviennent principalement du germe de blé. En petite quantité, elles sont bénéfiques pour la formation de la pâte. En trop grande quantité, elles sont nuisibles pour la bonne conservation de la farine.

*** Vitamines**

Les vitamines sont des substances indispensables à l'organisme. La farine en contient une quantité non négligeable. Mais ces substances sont fragiles à la chaleur, et par conséquent, en partie détruites à la cuisson.

▪ Propriétés de la farine de blé

La farine de blé idéale a une couleur blanc crème. C'est le synonyme d'une farine à faible taux d'extraction. La quantité d'eau absorbée et sa vitesse d'absorption augmentent avec la finesse des particules. L'addition d'eau donne la possibilité d'obtenir une large gamme de consistance. Les pâtes sont formées de grains d'amidon enchaînés dans un réseau protéique qui possède des capacités plastiques, l'amidon se comporte comme un corps inerte jusqu'à la cuisson. La farine de blé possède aussi des propriétés fermentatives utilisées en fermentation panaire. Le pouvoir fermentatif d'une farine se définit comme étant la quantité de sucres fermentescibles apportée à la levure responsable de la fermentation (Guinard J. et Lesjean P., 1992).

II.3. Autres ingrédients

Pour la fabrication des beignets traditionnels Malagasy, les autres ingrédients utilisés sont : eau, sucre, agents fermentaires du *mofo gasy*, levure chimique.

▪ **Eau**

L'eau est un des éléments primordiaux de la pâte à *mofo gasy*. Elle hydrate la semoule et la farine. L'hydratation amène également la pâte au taux d'humidité suffisant et indispensable à la réalisation de la fermentation et à la cuisson de la pâte. Dans la pratique, la plupart des fabricants utilisent de l'eau tiède pour confectionner la pâte mais parfois, l'eau froide est préférée car à basse température, il y aurait moins de perte de CO₂.

▪ **Sucre**

Le saccharose extrait de la canne à sucre est le sucre le plus employé. Il se présente sous forme de prismes brillants, de couleur légèrement marron. Il est très hygroscopique et très soluble dans l'eau. Le sucre est une source de calories, élément appétitif, et tient une grande place dans la ration énergétique de l'homme.

▪ **Agents fermentaires du *mofo gasy***

Les agents fermentaires du *mofo gasy* sont composés d'un ferment biologique contenant des cultures de levures, le *Saccharomyces cerevisiae*. Ce sont des champignons unicellulaires microscopiques. La levure est la source naturelle la plus riche en vitamines du groupe B, qui sont indispensables pour les dispositifs nerveux et musculaire. Sa consommation est recommandée spécifiquement pour les personnes anémiques et peu résistantes à l'effort (Bourgeois et al, 1989).

▪ **Levure chimique**

C'est un composé chimique utilisé uniquement pour la levée de la pâte. Le bicarbonate de soude se présente sous forme de poudre blanche.

II.4. Fabrication des beignets

II.4.1. Cas du *mofo gasy*

La fabrication du *mofo gasy* est relative à la méthode au levain de pâte ou pied de cuve. Cette méthode est la plus utilisée car elle est simple et s'avère être une tâche relativement facile. Le levain responsable de l'ensemencement et de la fermentation de la pâte inerte est issu de la pâte à *mofo gasy*. Il est constitué par une fraction de la pâte laissée volontairement ou adhérente aux parois internes du matériel de fermentation, **sans subir aucun enrichissement**. De manière générale, le processus de fabrication du *mofo gasy* comprend trois étapes (cf Figure n°3) : fermentation, finition et cuisson.



Figure n°3 : Processus de fabrication du *mofo gasy*

II.4.1.1. Fermentation et finition

La fermentation de la pâte peut s'effectuer dans une cuve en plastique mais un contenant en bois est meilleur. Elle se déroule en absence quasi-totale d'oxygène et à une température qui varie entre 30 et 37°C. Le taux d'hydratation de la semoule de riz avant fermentation est de 80%. Les autres ingrédients comme la farine de blé, le sucre, la solution de bicarbonate sont additionnés au cours de la finition. Le taux d'hydratation est ramené à 120%, taux d'hydratation idéal pour la cuisson.

Pour la fabrication du *mofo gasy*, les paramètres à calculer et à respecter sont :

- ☞ le taux d'hydratation de la pâte avant la fermentation
- ☞ la durée et la température de fermentation
- ☞ le taux d'hydratation de la pâte au cours de la finition

Le taux d'hydratation représente le pourcentage d'eau incorporée à la farine pour confectionner une pâte de consistance donnée. Il est en rapport direct avec le pouvoir d'absorption de la farine car on ne peut incorporer à la farine plus d'eau qu'elle ne peut en

absorber. Pour un taux d'hydratation donné, les quantités d'eau et de farine sont toujours proportionnelles. Ainsi, le taux d'hydratation est le rapport entre la quantité d'eau et le poids de la farine utilisée. Les bases de calcul des ingrédients pour la formulation des beignets sont présentées dans le Tableau n°3.

Tableau n°3 : Bases de calcul pour la formulation des beignets

RUBRIQUES	UNITES	FORMULES
Semoule de riz (SR) Farine de blé (FB)	%	somme = 100% (Base de calcul)
Pourcentage de farines	%	$\frac{\text{Farine}(kg) * 100}{(SR + FB)}$
Taux d'hydratation (TH)	%	$\frac{\text{Eau}(L) * 100}{(SR + FB)}$
Proportion de levain	$\frac{1}{X}$	$\frac{\text{Levain de pâte }(kg)}{\text{Pâte inerte }(kg)}$
Pourcentage de sucre	%	$\frac{\text{Sucre}(kg) * 100}{(SR + FB)(kg)}$
Levure Chimique	% ou g/Kg	$\frac{\text{Levure chimique}(g) * 100}{(SR + FB)(kg)}$

II.4.1.2. Cuisson

Le *mofo gasy* est cuit à l'aide d'un moule en argile, carré, creusé de 16 cavités cylindriques. Chaque trou possède un volume de 40 cm³ dont la profondeur mesure 4 cm et le diamètre est de 10 cm.



Figure n°4 : Moule en argile cuite pour la cuisson du *mofo gasy*, (cliché : auteur, 2011)

* Préparation du moule

La préparation du moule en argile est délicate et elle influence en grande partie les caractéristiques organoleptiques du *mofo gasy* obtenu. Elle fait donc partie d'une des bases fondamentales de la fabrication du *mofo gasy*.



Figure n°5 : Trempage du moule par de l'huile, (Cliché : auteur, 2011)

La méthode utilisée consiste à tremper le moule dans de l'huile de friture jusqu'à ce que le moule refuse. L'opération s'effectue sur feu doux et en enduisant le moule d'huile par petite quantité. En effet, le moule en argile cuite est constitué par de nombreux pores microscopiques qui absorbent beaucoup d'huile ainsi qu'une partie de la pâte lors de la cuisson et engendre ainsi un problème de démoulage. La préparation du moule par trempage d'huile sur feu intervient donc pour boucher les interstices du moule et le rendre plus lisse.



Figure n°6 : Etapes de la préparation du moule avant cuisson, (Cliché : auteur, 2011)

II.4.2. Cas du ramanonaka

Le *ramanonaka* possède un goût salé-sucré. Au début de l'opération, la semoule de riz est pétrie avec de l'eau bouillante. Ce qui permet d'obtenir une texture laiteuse au centre du beignet. La farine de blé ajoutée en petite quantité permet d'obtenir une texture croquante de la périphérie du produit fini.

La fabrication du *ramanonaka* suit quatre étapes (cf **Figure n°7**) :

- ☞ assemblage des matières premières ;
- ☞ pétrissage ;
- ☞ finition ;
- ☞ cuisson.

Les matières premières, semoule de riz, farine de blé, sucre, sel sont versées dans un contenant en plastique, avec des proportions bien déterminées. Pour le premier pétrissage, le mélange est d'abord additionné d'eau froide à TH=80%. Ensuite, l'eau bouillante est ajoutée pour amener le TH à 100%. A la fin, l'eau froide est additionnée de nouveau. Le taux d'hydratation final de la pâte devient 120%.

* Cuisson

Le *ramanonaka* est un beignet traditionnel Malagasy cuite à l'aide d'un moule en aluminium à 20 trous. La préparation du moule est semblable à celui de l'argile cuite mais la durée de trempage à l'huile est plus courte.

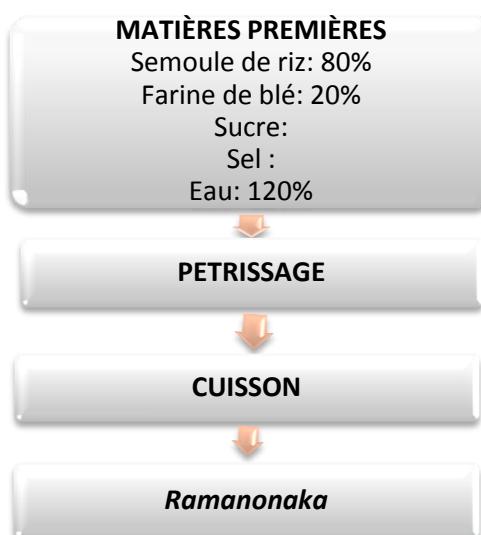


Figure n°7 : Processus de fabrication du *ramanonaka*

II.4.3. Cas du *menakely*

Le *menakely* est un beignet à base de farine de blé. Il est facile à formuler mais exige un savoir faire sur la méthode du pétrissage et sur la détermination du taux d'hydratation final de la pâte. Les *menakely* sont fris dans une poêle en métal assez profonde pouvant contenir 8 à 10 beignets simultanément.

Figure n°8 : Processus de fabrication du *menakely*



III. ETAT DE CONNAISSANCES SUR LE MANIOC

Le manioc (*Manihot esculenta*) est originaire d'Amérique du Sud et peut-être de Bolivie. Il a été importé du Brésil au 16^{ème} siècle vers l'Afrique et Madagascar. C'est un arbuste cultivé pour ses racines tubérisées qui entrent pour une grande part dans l'alimentation quotidienne de nombreuses populations, surtout en Afrique. La racine est consommée soit directement sous forme de "manioc vert", soit sous forme de farine. La consommation directe du manioc reste encore la plus pratiquée à Madagascar.

III.1. Systématique et classification

Le manioc est une dicotylédone pérenne de la famille des Euphorbiacées (Hubert P., 1992). La classification du *manioc esculenta* est la suivante :

Règne	: Végétal
Sous-règne	: Phanérogame
Embranchement	: Magnoliopsida
Classe	: Magnoliopsida
Ordre	: Euphorbiales
Famille	: EUPHORBIACEES
Genre	: <i>Manihot</i>
Espèce	: <i>Esculenta</i> (<i>syn. Utilissima</i>)
Noms vernaculaires	: <i>Mangahazo, Kajaha, Balahazo</i>

La classification des manioc est basée sur la couleur de leur stigmate, la forme des feuilles, la couleur du liège des racines, la couleur du phelloderme, des rameaux, du calice, etc... Parmi les 300 variétés les plus connues à Madagascar, les variétés comme Bouquet de la Réunion, Criolina, Java, Cassave Beurrine, Fotsy, disparaissent de plus en plus car leur rendement est inférieur à celui des hybrides.

III.2. Description botanique

La plante comprend cinq parties : les racines, la tige, la feuille, la fleur et les fruits (Hubert P., 1992).

▪ Racines

C'est la partie utile de la plante. Elles sont fasciculées et se renflent en se gorgeant d'amidon. La plante forme une centaine de racines mais quelques-unes seulement se tubérisent. Les tubercules peuvent atteindre 20 à 80 cm de long et 5 à 15 cm de diamètre. Ils sont attachés au collet de la plante par un pédoncule plus ou moins long, parfois

inexistant. Ils se situent, presque toujours à quelques centimètres de la surface du sol. Une coupe transversale d'un tubercule montre : une écorce externe grise violacée, jaunâtre ou brune formée de liège ; une écorce interne de 10 à 30 mm d'épaisseur appelée phelloderme, blanche ou rose plus ou moins violacée, pauvre en féculle et riche en produit toxique, la manihotoxine ; un cylindre central blanc ou jaune clair riche en féculle. Les tubercules ont des formes variables et pèsent de 100 g à 3.000 g chacun.

▪ Tiges

Le manioc peut se présenter avec une seule ou plusieurs tiges qui lui donnent un aspect buissonnant. Ces tiges sont plus ou moins verticales et atteignent 1 à 6 m de long. En culture, elles dépassent rarement 2 à 3 m de haut. Elles sont de couleurs variées : blanc verdâtre, gris, jaunâtre, violacé, rouge, brune, etc... Leur diamètre est de 3 à 4cm en moyenne. A une certaine hauteur, ces tiges se ramifient en trois branches généralement. Après une certaine longueur, ces branches primaires se ramifient à leur tour en trois branches secondaire et ainsi de suite. Cette division peut se répéter jusqu'à dix fois. Lorsque les feuilles tombent, la tige présente des nœuds. Ils sont disposés en spirale et constituent le point d'intersection des tiges et feuilles.

▪ Feuilles

Elles sont caduques car elles tombent durant la phase de repos du manioc. Elles sont alternes et palmilobées. Elles comprennent de 5 à 11 lobes, en moyenne 7. Ces lobes sont plus ou moins larges et de coloration variable : vert, violacé, panaché vert et blanc etc... Les feuilles sont portées par un pétiole qui peut être réduit à quelques millimètres ou qui peut atteindre 6 cm de long et dont la couleur va du jaune clair au rouge en passant par le vert. Les feuilles mesurent de 10 à 20 cm de long.

▪ Inflorescence

Elles apparaissent aux points où les tiges et les branches se ramifient. Ce sont des grappes qui comprennent en général 80 à 120 fleurs mâles et 4 à 10 fleurs femelles, ces dernières se trouvant à la base des inflorescences.

▪ Fleurs

Elles ont 1 cm environ de diamètre et sont généralement jaunâtres. Les fleurs mâles comprennent un calice de cinq sépales soudés à la base et dix étamines. Les fleurs femelles comprennent un calice de cinq sépales libres, un ovaire divisé en 3 loges et surmonté d'un style portant de nombreuses protubérances. On trouve parfois dans ces fleurs des staminodes qui sont des étamines réduites à leur filet. Les fleurs mâles et les fleurs

femelles ne s'ouvrent pas en même temps. La fécondation est donc croisée. De plus, les fleurs mâles ne sont pas toujours fertiles.

▪ Fruits

Ce sont des capsules déhiscentes. Elles mûrissent en cinq mois et projettent les graines à 10 m environ. Elles sont de la même couleur que les rameaux et comportent à leur surface externe par 6 ailes plus ou moins sinuées. Elles renferment 3 loges contenant chacun une graine. Chaque graine mesure 5 à 13 mm de large et possède un tégument marbré. A la base, on trouve un renflement ou "caroncule". Les graines sont oléagineuses. Elles mettent fréquemment plusieurs mois à germer.

III.1. Physiologie

Le manioc se multiplie par bouture et son cycle végétatif dure 2 ans sur les Hautes Terres. Avant la récolte des tubercules, le manioc subit huit phases décrites dans le tableau suivant :

Tableau n°4 : Physiologie du manioc

PHASES	DESCRIPTION
Phase de reprise	Cinq jours avant la mise en terre, la bouture émet ses premières racines et de minuscules feuilles plissées apparaissent par la suite. Cette phase dure 15 jours.
Phase d'installation	Les jeunes racines s'allongent et les premières tiges apparaissent. Cette phase dure également une quinzaine de jours mais peut se prolonger durant un mois et parfois plus.
Phase de développement foliaire	Les tiges se développent, se ramifient et les feuilles apparaissent. La surface foliaire atteint son maximum en trois mois. Cette phase dure quatre mois environ.
Phase d'accumulation des réserves	Dès que la saison des pluies est terminée, la féculle s'accumule dans les racines. Cette phase dure quatre à cinq mois.
Phase de repos	En altitude, le manioc perd complètement ses feuilles et le bois prend sa teinte définitive. Cette phase dure un à deux mois. Sur la côte, le manioc n'entre jamais en repos.
Seconde phase de développement foliaire	En altitude, dès le mois d'Octobre, les yeux terminaux donnent des pousses et la plante se couvre rapidement de feuilles. Cette phase dure cinq mois.
Seconde phase d'accumulation des réserves	La féculle s'accumule à nouveau dans les racines qui prennent leur taille définitive. Cette phase dure sept mois environ.
Seconde phase de repos	Le manioc perd à nouveau ses feuilles et on la récolte.

Source : Hubert, 1992

III.4. Ecologie

A Madagascar, le manioc est cultivé aussi bien dans les régions humides de la Côte-Est que dans les contrées sèches du Sud. La saison sèche est favorable à l'accumulation de la féculé du manioc. Par conséquent, les Hautes Terres et les régions de l'Ouest marquées par cette saison sèche, constituent les zones d'élection de la culture industrielle (Lac Alaotra, Moramanga, Sakay, Mahajamba et le Sambirano).

- **Besoins en chaleur**

Le manioc ne pousse normalement que dans les régions tropicales et tempérées chaudes. A 0°C le manioc meurt ; vers 1 à 2°C seul le bois meurt tandis que les racines restent vivantes ; vers 8°C, seules les branches supérieures sont tuées. La température favorable pour la croissance du manioc se situe entre 25 à 30°C en moyenne.

- **Besoins en eau**

Le manioc supporte des régimes de pluies très divers qui vont de 550 mm par an jusqu'à 4000 mm. Les meilleurs rendements s'obtiennent avec des hauteurs de pluies variant de 1000 à 2000 mm annuellement. Au-dessus de 2000 mm de pluies par an les racines de manioc pourrissent facilement en terre. La teneur en féculé des racines est maximum durant la saison sèche.

- **Besoins en lumière**

Le manioc est essentiellement une plante héliophile. La formation d'amidon dépend directement de l'ensoleillement.

- **Besoins en sol**

Le manioc demande des sols légers, meubles, profonds, à pente faible et riches en humus et en matières minérales. Il peut se contenter de terres relativement pauvres (latérites) à condition qu'elles ne soient pas soumises aux inondations et qu'il n'y ait pas d'eau stagnante. Enfin, le manioc ne pousse pas bien dans les sols argileux et compacts.

III.5. Récolte et rendement

Sur la Côte-Est, le cycle végétatif du manioc tourne autour de 10 à 12 mois. Sur les Hautes Terres, la récolte ne peut se faire qu'au bout de 18 à 24 mois. Afin de bénéficier de la richesse maximum des racines en féculé, il est conseillé de récolter durant la saison

froide c'est-à-dire de Mai à Octobre. Les rendements varient de 3 à 15 tonnes/ha de racines mais ils peuvent atteindre 60 tonnes/ha en terres fertiles.

III.6. Production de manioc à Madagascar

En 2001, la production de manioc frais à Madagascar est évaluée entre 1,5 et 2,5 millions de tonnes selon les sources statistiques du Ministère de l'Agriculture. Le flux suivant montre la distribution et l'utilisation du manioc à l'état frais ou sec selon les enquêtes menées par le CIRAD et le FOFIFA en 2001(Dabat M. et Ranaivoson, 2001). La majeure partie du manioc, à l'état frais ou sec sont destinées à la consommation humaine. Environ 83% du manioc frais sont autoconsommés, le reste sont mis sur le marché.

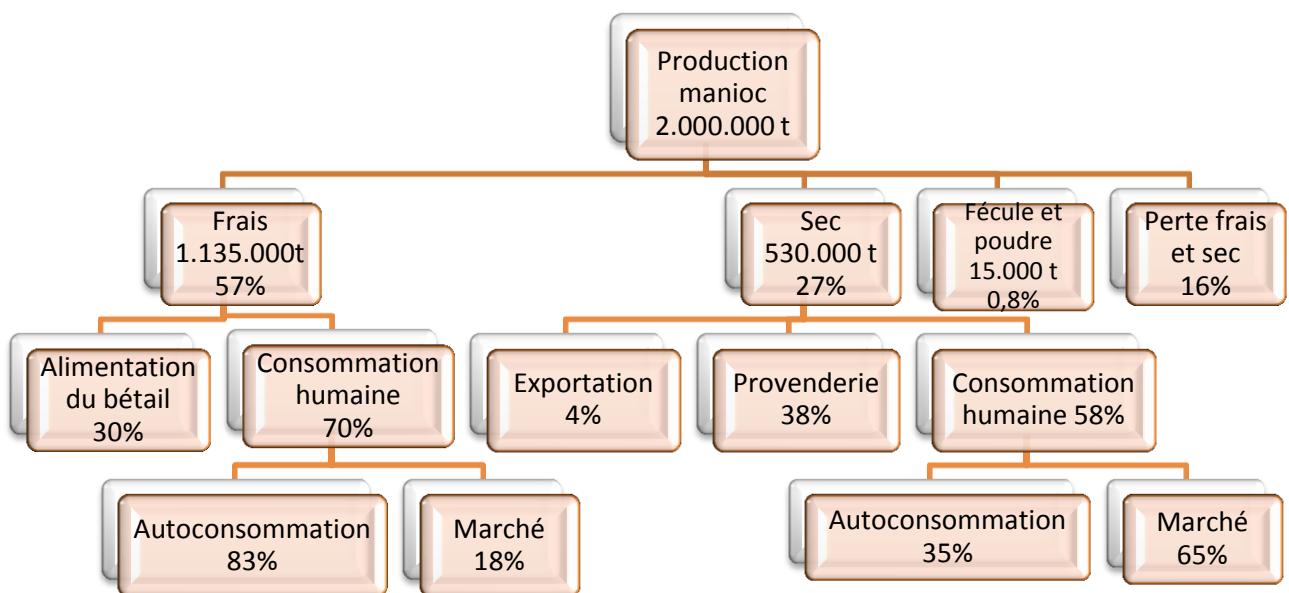


Figure n°9 : Production de manioc à Madagascar et ses utilisations

Les pertes après récolte du manioc sont considérables. C'est une plante très périssable. L'industrie de transformation du manioc n'est pas développée à Madagascar. Quelques usines comme à Marovitsika transforment 0,8% de la production en féculle. L'exportation du manioc se fait à l'état sec pour faciliter la conservation. Il existe des sociétés privées qui exportent environ 4% de la production.

III.7. Utilisations potentielles du manioc

Les utilisations du manioc frais ou transformés sont nombreuses : fabrication de cossettes et de farines, farines infantiles constituées de mélanges de farine de manioc et de

diverses céréales ; potages et sauces ; glaces ; produits pour apéritifs ; amidons destinés aux pâtisseries, biscuiteries, charcuteries, tapioca ; glucose à l'usage des fabricants de sirops et boissons (Dabat M. et Ranaivoson, 2001). Les tubercules ont une teneur élevée en amidon et ils constituent aussi une excellente source de glucide. Bien que les racines soient riches en calcium, thiamine, riboflavine et niacine, ils comportent néanmoins une faible teneur en protéine qui ne peut être améliorée qu'en incorporant d'autres cultures à haute valeur protéique dans l'alimentation comme le soja (Abass et al, 2006). Grâce à sa teneur élevée en amidon, la farine de manioc peut être utilisée comme agent épaississant, liant, édulcorant et stabilisant dans l'alimentation. Les feuilles contiennent environ 7% de protéines et sont également riche en minéraux, vitamines et tous les acides aminés indispensables à l'exception de la méthionine et la phénylalanine. A Madagascar, les feuilles de manioc sont utilisées comme source de protéines dans l'alimentation. Le manioc est aussi une matière première utilisée dans les industries non alimentaires. La basse teneur en amylose et la haute teneur en amylopectine de l'amidon de manioc lui confère une viscosité qui lui donne d'excellentes propriétés adhésives et lui permet d'être utilisé dans les industries du papier, du textile et des adhésifs. Cet amidon intervient aussi dans la production de dextrines qui servent à la fabrication des colles ordinaires (Dabat M. et Ranaivoson, 2001). Les produits pharmaceutiques (émollient ou excipient) et l'alcool éthylique (éthanol) sont également dérivés du manioc. En effet, le manioc frais contient jusqu'à 30% d'hydrates de carbone responsables de la fermentation alcoolique. On peut aussi utiliser l'amidon naturel ou modifié de manioc dans la fabrication des céramiques, la flocculation des minéraux et l'industrie du caoutchouc.

III.8. Méthodes de conservation du manioc

Les racines de manioc ont une durée de conservation courte, deux jours après la récolte en général. S'ils restent trop longtemps dans le sol, les tubercules deviennent plus fibreux et même ligneux. Les traitements physiques semblent toujours être la meilleure méthode de conservation des racines périsposables et permettent d'éliminer les glucosides cyanogénétiques responsables de la toxicité du manioc. Le traitement physique implique une combinaison de différentes méthodes comme le séchage, grillage, trempage, cuisson et fermentation des racines entières ou fragmentées. Cela réduit également la teneur en cyanure du manioc.

PARTIE II : ETUDES TECHNIQUES

La transformation du manioc en farine reste le mode de conservation le plus pratiqué en Afrique. Ce mode de conservation est une pratique à développer à Madagascar pour lutter contre la malnutrition de la population et aussi pour valoriser le manioc, plante à potentiel non exploité. En effet, le manioc contient des facteurs antinutritionnels comme le linamaroside et le lotaustraloside. Au contact avec l'enzyme linamarase, ces deux glucosides cyanogénétiques sont hydrolysés pour donner de l'acide cyanhydrique responsable de la toxicité du manioc. La présence à long terme de ce cyanogène dans l'organisme humain conduit à une intoxication surtout si l'alimentation manque de protéines et d'iode (Cocke, 1985).

Cette deuxième partie regroupe les études techniques effectuées pour atteindre les objectifs du travail. La première étape consiste d'abord à la fabrication de la FMHQ au sein du FOFIFA. Des analyses physico-chimiques ont été entreprises pour contrôler la qualité de la farine de manioc. Ensuite, des essais d'incorporation de la FMHQ dans les beignets constituent la seconde étape du travail afin d'étudier les effets de l'incorporation de la FMHQ sur les beignets. Ces essais se déroulent dans un premier temps au laboratoire et dans un second temps au niveau des commerçants de beignets.

I. RECHERCHE D'UNE MEILLEURE CONSERVATION DU MANIOC

Une fois récoltés sans conservation, les tubercules de manioc sont facilement périssables au-delà du deuxième jour. Leur détérioration est due à deux processus distincts : les changements physiologiques et les changements microbiens. L'avarie physiologique s'enclenche souvent dans les 24 heures qui suivent la récolte, tandis que l'avarie microbienne commence généralement à se manifester après une semaine (Cocke, 1985). Il faut donc transformer les tubercules le plus rapidement possible après la récolte afin de freiner le processus physiologique et la détérioration qui s'ensuit. Un des avantages de la transformation du manioc est que les produits transformés sont plus aisément stockables que le manioc brut ; ils nécessitent moins d'espace et peuvent être conservés plus longtemps. La farine de manioc est un produit sec. Par conséquent, elle est moins affectée par les transformations biochimiques lors du stockage et du transport. Elle ne perd donc pas sa valeur nutritionnelle au même rythme que les tubercules frais stockés. La

transformation sert donc tout d'abord à détoxiquer le dérivé du manioc, ensuite, à le rendre plus propre à la consommation et enfin, à faciliter le stockage.

I.1. Description de la production de la FMHQ

Traditionnellement la farine de manioc a été produite et utilisée pour la préparation des aliments dans la plupart des pays africains. Il existe des variations dans les méthodes de production utilisées mais dans la plupart des cas, le manioc subit un certain degré de fermentation. (Abass et al, 2006). La FMHQ est produite à partir des racines de manioc fraîchement récoltées, saines, mûres et bien fermes. Elles ne doivent pas présenter de meurtrissures. Leur chair doit être blanche, sans fente, avec très peu de fibres. Le diagramme de production de la FMHQ est basé sur la méthode développée par l'IITA (Onabolu et al, 1998 *in* Abass et al, 2006) et a été testé en Nigeria, Ghana, Madagascar, Tanzanie et Zambie. Les racines fraîchement récoltées sont pelées, lavées, broyées, pressées et immédiatement séchées et moulues. La farine de manioc obtenue doit être blanche ou blanche crème, sans odeur, un peu sucrée et exempt d'impuretés. Les étapes d'obtention de la FMHQ sont décrites ci-après.

Etape 1 : Epluchage

L'opération consiste à enlever la peau et toute autre partie fibreuse de la racine à l'aide d'un couteau aiguisé. Si l'épluchage n'est pas effectué correctement, le produit final pourrait avoir une mauvaise coloration. Après cette opération, les racines de manioc sont immédiatement immergées d'eau puis lavées dans une grande bassine pour éviter le brunissement enzymatique de la chair à l'air libre.

Etape 2 : Lavage

Les racines de manioc épluchées sont lavées avec de l'eau propre et de l'éponge pour enlever toute saleté telle que sable, sol, ou autres impuretés. La propreté est assurée si le lavage se répète plusieurs fois.



Figure n°10 : Lavage du cylindre central du manioc, (Cliché : auteur, 2011)

Etape 3 : Broyage

Les tubercules épluchés et lavés sont broyés à la machine destinée à cet effet. Il permet d'obtenir de la farine humide. Les tubercules sont tout d'abord découpés en cossettes et sont ensuite broyés. Cette opération, indispensable permet de diminuer la durée de la fermentation et d'éliminer rapidement et complètement le glucoside cyanogénétique. Le laboratoire du FOFIFA utilise une râpe à moteur d'une capacité minimum de 10 tonnes de tubercules frais par jour. Il se compose essentiellement d'un rotor et d'un tube d'acier étiré de 50 cm de diamètre comportant à la base des lames de râpage. Le nombre de dents sur les lames varie selon les besoins, entre 10 et 12 lames par centimètre. L'espacement des lames sur le rotor est de 6 à 7 mm.



Figure n°11 : Broyeur à marteaux, (Cliché : auteur, 2011)

Etape 4 : Pressage

La pulpe de manioc humide est emballée dans des tissus propres et est pressée à l'aide d'une presse hydraulique pour réduire l'eau et hâter le séchage. La pulpe soumise à une forte pression de 250 Bar évacue une quantité importante de jus renfermant du cyanide.



Figure n°12 : Pressage des pulpes de manioc, (Cliché : auteur, 2011)

Etape 5 : Séchage

Après pressage et émiettage, la farine humide est envoyée au séchoir à air chaud et sur des aires séchées par le soleil. La pulpe est remuée et moulue à la main pour obtenir la farine.



Figure n°13 : Séchage au soleil des pulpes de manioc, (Cliché : auteur, 2011)

Etape 6 : Moulage

Après le séchage, le produit est sous forme de gruaux de manioc qui sont moulus dans des moulins à marteaux dont le rendement se retrouve accru du fait de la réduction très importante des dimensions de manioc

Etape 7 : Tamisage

A l'aide d'un tamis, l'opération consiste à enlever toute matière fibreuse et impureté dans la farine. Le tamisage est important car il permet d'obtenir une farine de haute qualité avec une bonne texture et sans fibres.

Etape 8 : Emballage et stockage

La farine tamisée est emballée dans des sacs étanches à l'humidité. Ils sont étiquetés en inscrivant la date de fabrication et celle de péremption. La farine de manioc de haute qualité a une date limite d'utilisation optimale de six mois. Les sacs seront ensuite protégés contre la lumière et gardés dans un endroit bien aéré, frais et sec. Le schéma récapitulatif du diagramme de fabrication de la FMHQ est résumé dans la Figure n°14.



Figure n°14 : Diagramme de fabrication de la FMHQ

Le broyage des tubercules améliore le contact entre l'enzyme linamarase et les glucosides cyanogénétiques ; la plupart des glucosides peuvent ainsi être hydrolysés en acide prussique. L'égouttage lors du pressage permet d'éliminer le jus contenant l'acide prussique, tandis que l'étape de séchage permet l'évaporation de la majeure partie de l'acide prussique restant.

I.2. Compositions biochimiques de la FMHQ

L'analyse de la composition biochimique a pour objectif de déterminer les conséquences des opérations technologiques effectuées, la stabilité du produit dans le temps et son innocuité (Adrian J. et al, 1995). En effet, la notion de qualité est importante. La FMHQ doit être saine, propre à la consommation humaine et de qualité alimentaire. Elle doit être exempte d'odeur, de goûts anormaux, de souillures ainsi que d'insectes vivants en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine (FAO/OMS, 2007).

Les résultats de l'analyse physico-chimique de la FMHQ effectuée au laboratoire du FOFIFA et au laboratoire du CNRE sont récapitulés dans le **Tableau n°5**.

Tableau n°5 : Compositions biochimiques de la FMHQ

COMPOSITION CHIMIQUE	POURCENTAGE
Teneur en eau	11,8
Protéine totale	1,4
Matière grasse	0,59
Cendres	0,019
Glucide total	97,9
Amidon	64

Source : CNRE, 2011

La teneur en eau de la FMHQ est égale à **11,8%**, ce qui est inférieur à la teneur en eau maximale limitée par la norme du Codex Alimentarius pour la farine comestible de manioc **13,0%** (FAO/OMS, 2007). Les paramètres du séchage dans le laboratoire du FOFIFA sont donc respectés et permettent d'obtenir des produits de meilleure conservabilité. La FMHQ a une teneur faible en protéines (1,4 g pour 100 g de FMHQ) et ne contient pas de gluten. Par conséquent, la FMHQ ne possède pas les mêmes caractéristiques que celles de la farine de blé. En outre, la FMHQ est riche en amidon. Elle fait partie des groupes d'aliments énergétiques. La présence de cendre signifie que la FMHQ renferme des éléments minéraux.

I.3. Conclusion

Un des avantages de la transformation du manioc est que les produits transformés comme la FMHQ sont plus aisément stockables que le manioc brut. Sa teneur en eau est de 11,8%, inférieure à la limite fixée par le Codex Alimentarius. La transformation du manioc en FMHQ est un mode de conservation qui permet de diminuer le taux d'acide cyanhydrique, facteur antinutritionnel dans le manioc. Les traitements physiques au cours du processus de fabrication de la FMHQ ne font que réduire le taux de glucosides cyanogénétiques et d'acide prussique dans la FMHQ. Son incorporation dans les beignets traditionnels Malagasy constitue un nouveau mode de consommation du manioc et aide à lutter contre la sous-alimentation des ménages Malagasy. Mais pour cela, il est nécessaire de voir les effets de l'incorporation de cette FMHQ sur les caractéristiques organoleptiques des beignets et sur l'acceptabilité des produits à travers les analyses sensorielles.

II. EFFETS DE L'INCORPORATION DE LA FMHQ DANS LES BEIGNETS

La farine de manioc est un aliment inhabituel des ménages Malagasy. Quel procédé peut-on appliquer pour l'intégrer dans les habitudes alimentaires Malagasy ? Beaucoup de chercheurs ont étudié la possibilité de substitution partielle de la farine de blé par cette farine de manioc haute qualité pour la confection des produits céréaliers. Certains affirment que la FMHQ peut être incorporée jusqu'à 50% en pâtisserie (Abass et al, 2006). Dans le cadre de notre étude, elle est utilisée comme substitut partiel de la farine de blé et de la semoule de riz dans la formulation des beignets traditionnels Malagasy. Après les essais de fabrication des produits, nous allons voir les effets de l'incorporation de la FMHQ dans les beignets : d'une part les caractéristiques intrinsèques des produits et d'autre part les préférences des consommateurs. La stratégie utilisée consiste à évaluer les trois produits à partir de différents tests sensoriels. En effet, l'analyse sensorielle s'avère être un outil qui permet au mieux d'identifier les caractéristiques organoleptiques des produits et aussi d'appréhender les attentes des consommateurs. Ces tests se déroulent dans un laboratoire spécialisé en analyse sensorielle des denrées alimentaires et conforme aux normes françaises. Les données seront traitées par méthodes statistiques avancées pour réduire les risques d'erreurs.

II.1. Analyses sensorielles

II.1.1. Définition

L'analyse sensorielle représente l'ensemble des méthodes qui permettent d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit c'est-à-dire les caractéristiques, faisant intervenir les organes de sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vision, le toucher et l'audition (Randriatina, 2009).

D'après la norme NF ISO 5492, mai 1992, l'analyse sensorielle est « l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens ». Tous les sens peuvent donc être impliqués dans l'analyse sensorielle d'une denrée alimentaire : la vue (forme, couleur), le goût (saveur sucrée), l'odeur (arômes), le toucher à la main ou dans la bouche (caractère croquant, friabilité), voir même l'ouïe (le "craquant").

II.1.2. Objectifs

Concernant notre étude, l'analyse sensorielle a pour objectif de :

- ☞ mesurer les différences entre le produit sans FMHQ et le produit avec un pourcentage de FMHQ
- ☞ déterminer les caractéristiques organoleptiques des produits
- ☞ mesurer les préférences des consommateurs : combien de pourcentage de FMHQ les galettes sont-elles acceptées ? Quel pourcentage de FMHQ est préféré par les consommateurs ?

Les épreuves sensorielles se déroulent au Laboratoire d'Analyse Sensorielle (LAS), Immeuble FOFIFA Ambatobe. Le laboratoire possède des installations sophistiquées conçues spécialement pour l'analyse sensorielle. Il offre un meilleur cadre pour les essais sensoriels. Le bâtiment comporte une cuisine spacieuse et normalisée pour la préparation des aliments, un secteur pour la discussion et l'animation du panel, un secteur tranquille équipé d'isoloirs sans compter les fournitures pour la préparation des échantillons et pour les servir. Depuis quelques temps, chaque isoloir est équipé d'ordinateurs qui enregistrent directement les résultats d'analyse sensorielle des juges. Les murs sont peints en blanc dans l'ensemble du secteur servant à l'évaluation sensorielle. Les planchers ainsi que les plans de travail sont faits à partir de matériaux à surface inodore.

II.1.3. Méthodologies sensorielles

Les épreuves sensorielles peuvent être classées en plusieurs façons, en fonction des objectifs à atteindre. Les spécialistes de l'analyse sensorielle et les chercheurs en alimentation les groupent en deux grandes catégories, à savoir : d'une part les tests axés sur le produit (épreuve analytique), d'autre part, les tests axés sur les consommateurs (épreuve hédonique). Les tests qui servent à déterminer les différences entre les produits (test discriminatif) ou à mesurer des caractéristiques sensorielles (test descriptif) sont dits axés sur le produit. Tandis que les tests servant à évaluer la préférence, le niveau d'acceptation ou le degré de goût des consommateurs sont dits axés sur le consommateur. (Watts et al...,1991)

Les produits, *mofo gasy*, *ramanonaka* et *menakely* seront soumis à trois tests sensoriels comme suit :

- ☞ analyse discriminative
- ☞ analyse descriptive
- ☞ analyse hédonique

Les épreuves discriminatives ou de différences doivent toujours précéder les épreuves de préférence ainsi que les épreuves descriptives, car s'il n'y a pas de différence, il ne peut y avoir de préférence. (Sauvageot, 1982). Le diagramme du déroulement des épreuves sensorielles est résumé par la Figure n°15.

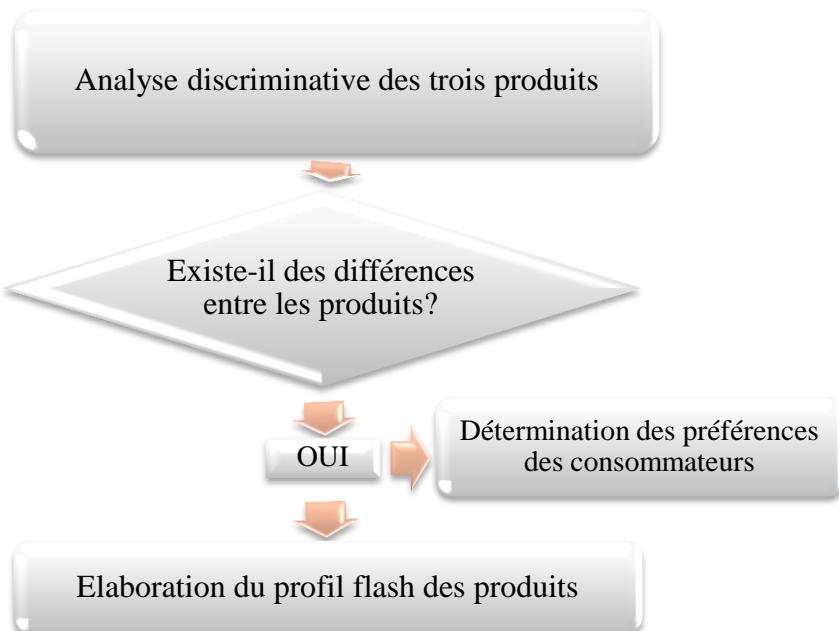


Figure n°15: Déroulement des épreuves sensorielles

II.1.4. Essais préliminaires

Les échantillons de beignets (*mofo gasy, ramanonaka, menakely*) servant à la comparaison sensorielle ont été tous préparés avec la même méthode, afin d'éliminer les possibilités d'erreurs induites par les effets de la préparation. Les diverses étapes de la fabrication sont normalisées au cours des essais préliminaires avant de commencer les tests pour s'assurer qu'il y aura uniformité au cours de chaque période de l'épreuve. Pour la préparation des beignets aux fins de l'analyse sensorielle, les facteurs à contrôler comprennent :

- ☞ les quantités de farines utilisées : farine de blé, semoule de riz, FMHQ ;
- ☞ le taux d'hydratation de la pâte ;
- ☞ la durée et la température de fermentation pour le cas unique du *mofo gasy* ;
- ☞ le temps de cuisson et la quantité d'huile de friture utilisée ;
- ☞ le temps qui s'écoule entre la cuisson et le moment où les beignets sont servis,

☞ la température lors de la consommation.

Le fait de conserver des échantillons pendant une période prolongée peut modifier sensiblement leur apparence, leur saveur et leur texture.

II.1.5. Evaluation sensorielle du mofo gasy

Lors des essais pour les analyses sensorielles, la FMHQ est additionnée au cours de la finition.

II.1.5.1. Tests discriminatifs

▪ Objectif

L'analyse discriminative vise à détecter la présence ou l'absence de différences sensorielles globales entre les produits sans FMHQ et ceux avec des pourcentages de FMHQ (Claustriaux, 2001). Ces tests servent à déterminer s'il y a une modification perceptible de l'apparence, de la saveur ou de la texture des *mofo gasy* suite à l'incorporation de la FMHQ dans le processus de fabrication.

▪ Méthodologie

Il est important de procéder à un test triangulaire pour déterminer si les *mofo gasy* contenant un pourcentage de FMHQ sont différents des *mofo gasy* préparés à partir des ingrédients habituels (témoin). Ce test suit la norme NF V 09-013 (AFNOR, 1983). Chaque échantillon a été préparé en suivant la procédure standard.

▪ Produits

Les échantillons de *mofo gasy* (cf **Tableau n°6**) sont choisis de manière à ce que le pourcentage de FMHQ soit le plus élevé possible.

Tableau n°6 : Formulation des échantillons

INGREDIENTS	TEMOIN	E1	E2
FMHQ (%)	0	30	60
Semoule de riz (%)	90	70	40
Farine de blé (%)	10	0	0
Sucre (p. 100 poids total de farine)	30	30	30
Eau (ml)	1000	1000	1000

Le processus de fabrication du *mofo gasy* pour les analyses sensorielles est représenté dans le diagramme n°16.

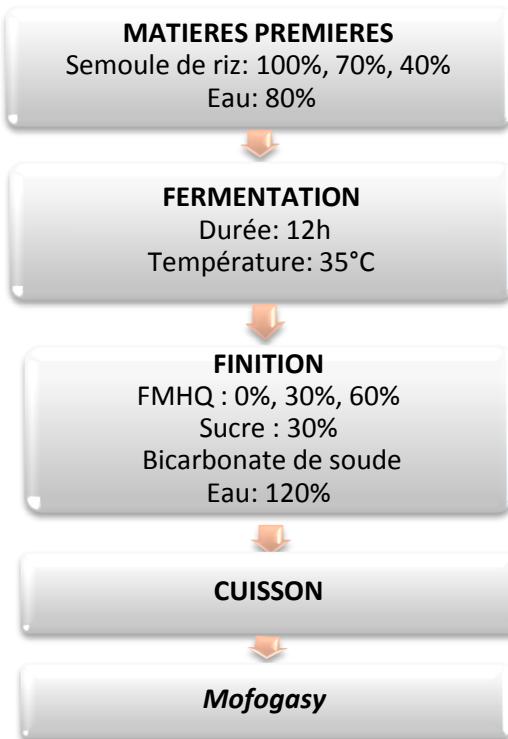


Figure n°16 : Processus de fabrication du *mofo gasy* pour le test discriminatif

Le premier test consiste à déterminer la différence entre le *mofo gasy* à 0% et à 30% de FMHQ. Dans le second test, les sujets sont incités à détecter la présence de différence ou non entre P1 : produit à 0% de FMHQ et P2 : produit à 60% de FMHQ.

▪ Judges

Le panel de dégustation est composé de 30 personnes ayant déjà participé au moins à un test sensoriel en laboratoire. La tâche consiste à présenter aux sujets les deux produits à comparer, l'un étant répété ; le sujet reçoit donc trois produits codés et il est invité à déterminer le produit non répété ou éventuellement les deux échantillons doublés (SAUVAGEOT, 1982). Les sujets doivent choisir un échantillon, même s'ils ne peuvent pas distinguer de différence entre les échantillons.

▪ Questionnaire

Dans la salle de dégustation, chaque isoloir est équipé d'un ordinateur qui présente les questionnaires FIZZ® Réseau (Biosystemes, Couternon). Les résultats des tests discriminatifs sont traités par FIZZ Traitements version 2.41A, copyright 1994-2009 Biosystems.

▪ Résultats

Les résultats des tests discriminatifs du *mofo gasy* sont regroupés dans le Tableau n°7.

Tableau n°7 : Résultats des tests discriminatifs du *mofo gasy*

TESTS	% FMHQ	Sans réponse	Réponses retenues	Réponses exactes	Signif. (risque)
1 -P1/P2	0 et 30%	0	25	18	<0.0001***
2 -P1/P2	0 et 60%	0	25	24	<0.0001***

Source : FIZZ Traitements version 2.41A, copyright 1994-2009 Biosystems.

Pour le premier test, le nombre de réponses retenues est de 25. Le nombre de réponses correctes est égal à 18. D'après la table du nombre minimal de réponses correctes pour l'établissement d'une différence significative à différents niveau de signification pour l'essai triangulaire (AFNOR, 1988), le nombre minimal de réponses correctes pour 25 réponses retenues est de 17 pour un niveau de signification $\alpha \leq 0,001$. Pour un niveau de signification $\alpha < 0,0001$, il existe donc une différence significative entre le produit P1 à 0% de FMHQ et P2 à 30% de FMHQ.

Pour le deuxième test, le nombre de réponses exactes est de 24. Pour un niveau de signification $\alpha < 0,0001$, il existe une différence très significative entre le produit témoin P1 et le produit P2 à 60% de FMHQ. L'élaboration du profil flash peut donc être réalisée pour la détermination des caractéristiques responsables de la différence des produits, suivi des tests de préférence des consommateurs.

II.1.5.2. Elaboration du profil flash

▪ Objectif

Le profil flash est une méthode d'analyse sensorielle descriptive qui permet d'obtenir un positionnement sensoriel rapide des produits sans nécessiter le développement d'une description sémantique basée sur un vocabulaire précis et consensuel (Siefferman, 2003). En pratique, il s'agit de dresser les caractéristiques des produits sans passer par un programme d'entraînement.

▪ Produits

Le pourcentage étroit des produits (cf Tableau n°8) a été choisi de manière à faciliter la comparaison des caractéristiques des produits entre eux. A chaque type de

beignets étudiés, nous avons introduit des beignets déjà mis sur le marché, c'est-à dire déjà acceptés par les consommateurs pour pouvoir comparer les caractéristiques de ces produits avec les échantillons expérimentaux. Ils sont codés A1 et A2.

Tableau n°8 : Présentation des échantillons du *mofo gasy* pour le profil flash

PRODUITS	ECHANTILLON	% FMHQ	CODES
MOFO GASY	P1	0	574
	P2	10	123
	P3	20	756
	P4	30	630
	P5	30	007
	P6	40	957
	P7	50	115
	P8	60	374
	P9	A1 (Ankadifotsy)	143
	P10	A2 (Analamahitsy)	555

▪ Méthodologie

L'élaboration du profil flash des trois beignets étudiés nécessite deux séances successives. Le déroulement de chaque séance est résumé dans le Tableau n°9.

Tableau n°9 : Méthodologie du profil flash

SEANCES	LIEU	ACTIVITES	OUTILS
SEANCE N°1	- Salle d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> - Explication détaillée de l'analyse sensorielle aux juges. - Génération des termes sensoriels caractérisant les produits par les juges. - Regroupement et codification des descripteurs 	<ul style="list-style-type: none"> - papier A4 - Stylos - Tableau
SEANCE N°2	- Salle de dégustation	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation des descripteurs sur une échelle d'intensité 	<ul style="list-style-type: none"> - Ordinateur - Questionnaire FIZZ

Les sujets sont libres de manipuler les produits comme ils l'entendent. Ils doivent évaluer les produits selon les termes descriptifs qui leur semblent les plus pertinents pour décrire la diversité des principales perceptions ressenties sur l'espace produits effectivement observé.

▪ Judges

Le panel de dégustation est compris entre 4 à 10 d'après Siefferman (2003). Pour l'analyse du *mofo gasy*, le panel est composé de 6 personnes. Les sujets participants ont été invités par annonces (voie d'affichage, courriel etc). Certains font partie du panel du LAS et sont choisis parmi ceux ayant une expertise préalable en description sensorielle.

▪ Analyse des données

Nous avons utilisé STATIS pour l'interprétation des résultats et les données sont traitées par ACP (Analyse en Composantes Principales). En effet, l'ACP permet d'explorer les liaisons entre variables, c'est-à-dire les descripteurs. En outre, il permet aussi d'expliquer la différence des produits déduite durant l'analyse discriminatif.

❖ Méthodologie ACP

D'une manière générale, l'ACP cherche une représentation des n individus (P_1, P_2, \dots, P_{10}), dans un sous-espace F_k de repère R^p de dimension k. Il cherche à définir k nouvelles variables combinaisons linéaires des p variables initiales qui feront perdre le moins d'informations possible (Gonzalez P., 2003). F_k sont les axes principaux et les variables sont appelées composantes principales. L'ACP permet d'explorer les liaisons entre variables, en fonction de leurs corrélations, et les ressemblances entre individu par la notion de distances entre individus.

Dans notre étude l'ACP propose, à partir d'un tableau rectangulaire de données comportant les valeurs des p variables quantitatives (ou descripteurs) et les n unités (ou produits), des représentations géométriques de ces descripteurs et produits sur les axes principaux. Le tableau est obtenu à partir du logiciel FIZZ traitement et est donné à l'annexe 2. Ces représentations permettent de distinguer des groupes dans l'ensemble des produits en regardant quels sont les produits qui se ressemblent ou ceux qui se distinguent des autres. Pour les variables, l'ACP permet de chercher les descripteurs très corrélés entre eux, ou au contraire, ceux qui ne sont pas corrélés entre eux (descripteurs anti-corrélés). En somme, l'ACP a pour objectif principal de dégager les caractéristiques descriptives des produits à travers les étapes suivantes :

- ☞ donner des noms aux axes : expliquer la position des individus et des variables (produits) ;
- ☞ mesurer la qualité des représentations obtenues ;

☞ déterminer la corrélation entre les variables (corrélation = cosinus)

Pour chaque individu Pi et variables ui , la qualité de sa représentation est définie par le carré du cosinus de l'angle entre l'axe de projection et le vecteur Pi ou vecteur ui (Gonzalez P., 2003). Les individus Pi et variables ui ayant une valeur de cosinus carré entre 0,5 et 1 représentent le plus l'axe principal. Il est aussi important de voir la contribution apportée par les individus Pi à cet axe. Le tableau n°1 de l'annexe n°2 présente les coordonnées des individus Pi , le carré du cosinus de l'ange entre l'axe de projection et les vecteurs Pi et la contribution des individus Pi à l'axe principal. Le tableau n°2 de l'annexe n°2 indique la position des variables principales sur les axes principaux par leurs coordonnées et le carré du cosinus de l'angle entre l'axe et les variables.

Les proximités entre les descripteurs sont mesurées par les corrélations. Ils sont représentés par le cercle de corrélation des composantes principales et des variables donné à l'annexe 2 A titre indicatif, le cercle de corrélation est la projection du nuage des variables (descripteurs) sur le plan des composantes principales. Les variables bien représentées sont celles qui sont proches du cercle : celles qui sont proches de l'origine sont moins représentées.

❖ Résultats et discussions

L'ensemble des calculs effectués par ACP est donné en annexe 2. Le nombre d'axe principal obtenu lors de l'élaboration du profil flash du *mofo gasy* est égal à 5. D'après la diagonalisation sur ACP (cf tableau de diagonalisation à l'annexe 2) :

- ☞ l'axe I permet de donner 31% des informations
- ☞ l'axe II permet de donner 25,2% des informations
- ☞ l'axe III permet de donner 12,7% des informations
- ☞ l'axe IV permet de donner 7,8% des informations

La somme de contribution à l'inertie des axes vaut 76,7% ($> 70\%$). Pour avoir de résultats fiables, il faut donc considérer les quatre axes.

* Position des individus et des variables sur l'axe principal

Les résultats de la sélection des individus Pi et variables ui ayant un cosinus carré entre 0,5 et 1 sont regroupés dans le Tableau n°10.

Tableau n°10 : Position des individus et des variables sur les axes principaux (*mofo gasy*)

	VARIABLES	INDIVIDUS	% FMHQ	COORDONNEES	CONTRIBUTION
AXE 1	Toucher ferme Visuel lisse Goût sucré Goût acide Toucher lisse	P1 P2	0 10	-13,65133 -13,18591	18% 17%
	Texture collante Texture moue Goût sucré Visuel arrondi Toucher collant Odeur Parfumé Odeur gras	P7 P8	50 60	14,21623 17,07419	20% 28%
	Texture spongieuse Goût farine de riz Homogène Toucher rugueux Toucher gras Visuel poreux	P9	A1	-21,70214	56%
	Visuel blanc Toucher mou Lisse Spongieux Goût farine de riz Goût acide	P10	A2	14,78564	52%
	Texture spongieuse Odeur parfumé Goût farine de riz Homogène	P6	40	9,32042	34%
AXE 5	Huileux Marron	P8	60	-8,42661	33%

Source : FIZZ Traitements version 2.41A, copyright 1994-2009 Biosystems.

Premièrement, les produits P1 et P2, P7 et P8 ont la plus forte contribution à l'axe1. Ces valeurs sont respectivement de 18% pour P1, 17% pour P2, 20% pour P7 et 28% pour P8. La valeur des cosinus carré des produits P1 et P2 sont très rapprochées dans l'axe 1 : $P1 \cos^2 = 0,5718$ et $P2 \cos^2 = 0,50975$ (cf Tableau des individus principaux à l'annexe 2). Ces résultats montrent que P1 (0%FMHQ) et P2 (10%FMHQ) ont presque les mêmes

coordonnées dans l'axe 1 et sont donc très proches. Par conséquent, les deux produits P1 et P2 sont caractérisés par les mêmes descripteurs qui sont :

- ✓ toucher ferme
- ✓ Visuel lisse
- ✓ Goût sucré
- ✓ Goût acide
- ✓ Toucher lisse

De même, le cosinus carré des produits P7 (50%FMHQ) et P8 (60%FMHQ) se rapproche : $P7 \cos^2 = 0,54689$, $P7 \cos^2 = 0,68232$. Par conséquent, ils sont caractérisés par les mêmes descripteurs ayant une forte contribution à l'axe 1. Ce sont :

- ✓ texture collante
- ✓ texture moue
- ✓ goût sucré
- ✓ Visuel arrondi
- ✓ Toucher collant
- ✓ Odeur parfumé
- ✓ Odeur gras

Deuxièmement, après la sélection des individus principaux ayant la valeur de cosinus carré comprise entre 0,5 et 1 de l'axe 2, le produit P9 venant d'un commerçant de *mofo gasy* d'Ankadifotsy présente la plus forte contribution sur cet axe. Les descripteurs retenus qui caractérisent cet axe sont :

- ✓ Texture spongieuse
- ✓ Goût farine de riz
- ✓ Homogène
- ✓ Toucher rugueux
- ✓ Toucher gras
- ✓ Visuel poreux

Troisièmement, seul le produit P10 venant d'un commerçant de *mofo gasy* d'Analalahitsy qui est la plus proche de l'axe 3. Les descripteurs qui caractérisent cet axe, et donc le produit P10 sont :

- ✓ Visuel blanc
- ✓ Toucher mou
- ✓ Lisse

- ✓ Spongieux
- ✓ Goût farine de riz
- ✓ Goût acide

L'axe 4 est caractérisé par les descripteurs suivants :

- ✓ Texture spongieuse
- ✓ Odeur parfumé
- ✓ Goût farine de riz
- ✓ Homogène

La valeur des cosinus carrée des 10 individus est très faible. Mais le produit P6 présente la plus forte contribution sur l'axe 4 qui est égale à 34%. De même, l'axe 5 est caractérisé par les variables huileux et marron.

La valeur des cosinus carrée des 10 individus est très faible sur cet axe mais le produit P8 y présente la plus forte contribution, égale à 33%.

* Corrélation entre les variables

Pour les *mofo gasy*, les listes des descripteurs corrélés et anti-corrélés sont regroupés dans le Tableau n°11 et Tableau n°12.

Tableau n°11 : Liste des descripteurs correlés

Texture moue	Texture pâteuse
	texture collante
	odeur parfumé
Visuel homogène	visuel lisse
Texture farineux	goût sableux
Visuel épais	goût sableux
Visuel blanc	toucher MOU
Visuel poreux	toucher gras
Texture collante	goût collant
	parfumé
Visuel poreux	toucher rugueux
	toucher gras
Visuel lisse	goût sucré
	goût acide
Visuel blanc doré	visuel lisse
Visuel arrondi	toucher lisse
toucher lisse	texture pâteux

Source : FIZZ traitement

Les descripteurs regroupés dans le tableau n°11 et n°12 sont les plus proches du cercle de corrélation. Le carré de leur cosinus se rapproche de 1. Ce sont donc les descripteurs les plus représentatifs des individus Pi. Pour les descripteurs du tableau n°11, la valeur de leur cosinus carré est positive. Ces variables sont dites corrélées. A titre d'exemple, une texture moue correspond à une texture pâteuse, texture collante et odeur parfumé. Le visuel poreux est corrélé avec un toucher rugueux et toucher gras et ainsi de suite.

Tableau n°12 : Listes des descripteurs anti corrélés (*mofo gasy*)

Visuel blanc	Goût gras
Blanc doré	Toucher huileux
Texture pâteux	Visuel poreux
Visuel lisse	Toucher huileux
Texture spongieux	texture pâteux
Goût collant	goût acide
Toucher rugueux	Texture pâteux
Toucher lisse	Visuel poreux
	Texture spongieuse
	toucher ferme
	toucher rugueux
	toucher gras
	Toucher collant
	goût collant
	parfumé
	odeur gras
Goût sucré	odeur gras
Visuel arrondi	Toucher collant
Goût sucré	toucher rugueux
	odeur gras
Toucher dur	toucher lisse
Texture collante	Visuel lisse
	goût acide
Toucher ferme	texture moue
	Texture pâteux
	texture collante
	parfumé
Visuel homogène	goût gras

Source : FIZZ traitement

La valeur du cosinus carré des variables du tableau n°12 sont négatives. Ces descripteurs sont dits **anti-corrélés**. A titre d'exemple, un toucher lisse ne correspond pas à un visuel poreux, texture spongieuse, toucher ferme, toucher rugueux, toucher gras,

toucher collant, odeur gras. Une texture collante n'est pas corrélée avec un visuel lisse et une odeur acide et ainsi de suite.

En somme, nous pouvons remarquer d'un côté que les produits P1 à 0% de FMHQ et P2 à 10% de FMHQ se trouvent sur le même axe principal 1 et sont caractérisés par les mêmes descripteurs : toucher ferme, visuel lisse, goût sucré, goût acide, toucher lisse. De même, les produits P7 à 50% de FMHQ et P8 à 60% de FMHQ sont positionnés sur le même axe principal 1 et sont caractérisés par les mêmes descripteurs : texture collante, texture moue, goût sucré, visuel arrondi, toucher collant, odeur parfumé, odeur gras. D'un autre côté, si l'on se réfère au tableau n°11, les descripteurs des produits P1 et P2 sont anti-corrélos aux descripteurs des produits P7 et P8. Nous pouvons conclure alors que les produits P1 et P2 sont différents des produits P7 et P8.

II.1.5.3. Evaluation hédonique

▪ Objectif

Dans cette épreuve, nous voulons connaître la préférence des consommateurs vis-à-vis de l'incorporation de la FMHQ à divers pourcentage dans les produits. Le Tableau n°13 met en évidence les pourcentages de FMHQ incorporés dans les trois types de beignets : *mofo gasy*, *ramanonaka* et *menakely* durant les tests hédoniques.

Tableau n°13: Présentation des échantillons du *mofo gasy* pour l'évaluation hédonique

	TEMOIN (%FMHQ)	E2 (%FMHQ)	E3 (%FMHQ)	E4 (%FMHQ)
<i>Mofo gasy</i>	0	30	50	60
<i>Ramanonaka</i>	0	30	50	60
<i>Menakely</i>	0	25	50	75

▪ Méthodologie

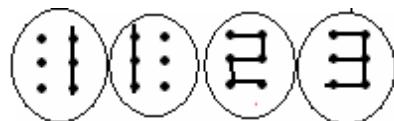
La fabrication des beignets a été effectuée en collaboration avec des spécialistes. Cela a pour avantage d'obtenir des produits de bonne présentation, semblable à ceux mis sur le marché et permet, en outre, de gagner du temps. Plus de 60 sujets sont appelés à réaliser chaque épreuve.

L'évaluation hédonique des trois beignets s'effectue en trois séances bien distinctes tandis que les trois épreuves hédoniques se déroulent simultanément pour chaque produit. Dans la première épreuve, les dégustateurs sont incités à classer les produits codés selon leur préférence. Cette méthodologie suit la norme française NF V 09-018. L'échantillon

qu'il a mis le plus à gauche est le plus préféré, au milieu, le moyennement préféré et à droite le moins préféré. Les sujets reçoivent de l'eau pour rincer leur bouche après chaque dégustation. Dès que les dégustateurs ont fini leur classement, les résultats sont enregistrés dans les questionnaires FIZZ comme suit :

- 1 pour l'échantillon qu'il a mis le plus à gauche (préféré)
- 2 et 3 pour les échantillons au milieu (moyennement préféré)
- 4 pour l'échantillon le plus à droite (moins préféré)

Figure n°17 : Système de notation des produits pour le test de préférence



Source : Questionnaire FIZZ

Pour le second test, les échantillons sont données un à un aux dégustateurs. Les sujets sont incités à évaluer sur une échelle à trois intervalles le caractère agréable ou désagréable de chaque échantillon présenté. Une nouvelle fiche contenant les questionnaires FIZZ est présentée aux sujets. Dans la troisième épreuve, des questions permettant d'obtenir des informations sur les dégustateurs sont cochées par ces derniers. Il s'agit de tranches d'âge des dégustateurs, du sexe, de la fréquence d'achat des beignets chaque jour ou chaque semaine. Des photos sont aussi présentées lors de l'épreuve pour déterminer l'intention d'achat des consommateurs.

▪ Traitement des données

Les données ont été traitées sur les logiciels EXCEL de Microsoft Office 2007 pour le calcul de F du test de FRIEDMAN, et sur XLSTAT 6.0 pour l'analyse de la variance.

❖ Test de préférence

Parmi les nombreux tests figurant dans la littérature, nous avons choisi le **Test de FRIEDMAN** pour le traitement des données statistiques du test de classement par rang. C'est un test non paramétrique qui permet de donner le maximum de chance de mettre en évidence la reconnaissance par les sujets de différences entre les échantillons du point de vue hédonique (AFNOR, 1988). Le seuil de significativité vaut $\alpha = 5\%$. La détermination de la valeur de F du test de FRIEDMAN suit la formule suivante :

$$F = \frac{12}{np(p+1)} * \sum Tp^2 - 3n(p+1) \quad (1)$$

n : le nombre de sujets ;

P : le nombre d'échantillons ;

Tp : les sommes des rangs attribuées aux P échantillons pour les J sujets.

La détermination de la valeur F du test de FRIEDMAN est donnée par la formule (1)

❖ Test d'acceptabilité

Les données du test d'acceptabilité sont traitées sur XLSTAT au moyen de l'analyse de la variance (ANOVA). En effet, l'ANOVA sert à déterminer s'il y a des différences significatives dans le degré d'appréciation moyen entre les échantillons.

▪ Résultats et discussion

❖ Notes sur les dégustateurs

Le panel de dégustation est constitué de 71 sujets non entraînés. Ils sont choisis de manière à ce qu'ils soient les plus représentatifs possibles de la population cible pour les produits à analyser. Sur les 71 sujets, 40% sont de sexe masculin et 60% féminin. Les pourcentages des tranches d'âges sont regroupés dans le Tableau n°14:

Tableau n°14 : Répartition en tranche d'âge des dégustateurs du *mofo gasy*

Tranches d'âge	- de 18 ans	19 – 25 ans	26 – 35 ans	36 – 45 ans	+ de 46 ans
Nombre	3	25	21	13	9
%	4	35	30	18	13

Source : Enquête, 2011

Les dégustateurs sont composés essentiellement par des jeunes âgés de 19 à 35 ans. En général, ce sont les plus grands consommateurs de beignets traditionnels. La fréquence de consommation de *mofo gasy* des dégustateurs est indiquée dans le Tableau n°15.

Tableau n°15 : Fréquence de consommation de *mofo gasy* des dégustateurs.

Fréquence de consommation	Supérieure à 1/j	1/jour	1/jour – 1/semaine	Inferieure à 1/semaine
Nombre	22	15	24	10
%	31	21	34	14

Source : Enquête, 2011

Les dégustateurs sont des connaisseurs en matière de beignets traditionnels. La majorité des sujets qui participent aux tests consomme du *mofo gasy* au moins une fois par jour. Ces informations présentent des avantages sur la fiabilité des résultats de l'évaluation hédonique des produits.

❖ Epreuve 1 : Test de classement par rang

Les résultats du test de classement par rang des 71 sujets ayant évalué quatre échantillons de *mofo gasy* sont regroupés dans le Tableau n°16.

Tableau n°16 : Résultats des sommes des rangs, cas du *mofo gasy*

Produit	% FMHQ	Code	Nombre de sujets	Somme rangs
P1	0	557	71	143
P2	30	655	71	162
P3	50	106	71	206
P4	60	374	71	199

Source : FIZZ Traitements version 2.41A, copyright 1994-2009 Biosystems.

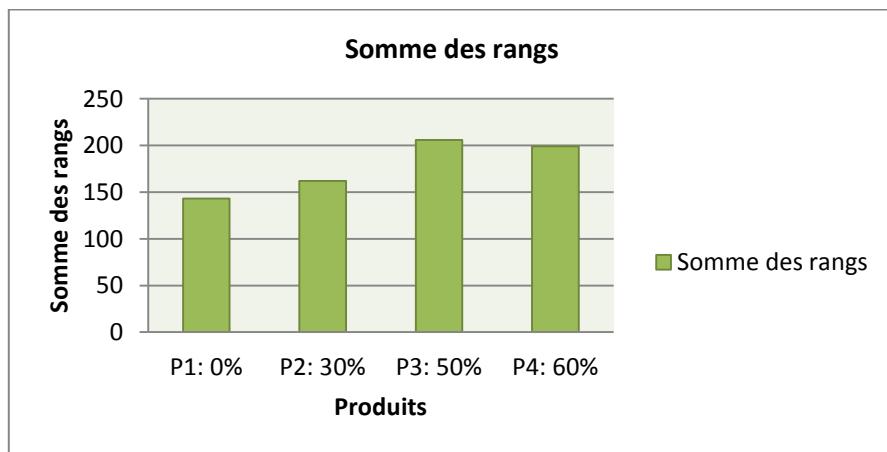


Figure n°18 : Histogramme des sommes des rangs du *mofo gasy*

Pour le calcul de la valeur F du test de FRIEDMAN :

- le nombre de sujet est égal à 71
- le nombre d'échantillon est égal à 4
- la somme des carrés des sommes des rangs est égale à 128730 (cf.Tableau n°17)

En premier lieu, d'après la formule (1), la valeur de F est de 22,8592. Pour un seuil de signification $\alpha = 0,0001$, cette valeur est supérieure aux valeurs critiques du Test de FRIEDMAN et pour un test de différence de 5%, cette valeur de 0,05 est supérieure à 0,0001, nous pouvons conclure que les quatre échantillons présentent une différence très significative du point de vue préférence des dégustateurs.

Tableau n°17 : Détermination de la valeur F du test de FRIEDMAN, cas du *mofo gasy*

Somme des carrés des sommes des rangs	128730
F	22.8592
F corrigé	22.8592
Signification F (Risque)	<0,0001***
Signification F corrigé (Risque)	<0,0001***

Source : FIZZ Traitements version 2.41A, copyright 1994-2009 Biosystems.

En second lieu, dans le test de classement par rang, plus la somme des rangs est élevée, plus la préférence à ce produit par rapport aux autres est faible. Par compilation des données sur FIZZ traitement, la somme des rangs du produit P1 à 0% de FMHQ est la moins élevée et est égale à 143, suivi de P2 : 169, puis de P4 : 199 et enfin de P5 : 199 (cf tableau n°15). Par conséquent, nous pouvons confirmer directement que le produit P1 à 0% de FMHQ est le plus apprécié par les dégustateurs, suivi de P2 à 30% de FMHQ, puis de P4 à 60% de FMHQ et enfin de P3 à 50% de FMHQ :

$$P1(0\%FMHQ) > P2(30\%FMHQ) > P4(60\%FMHQ) > P3(50\%FMHQ)$$

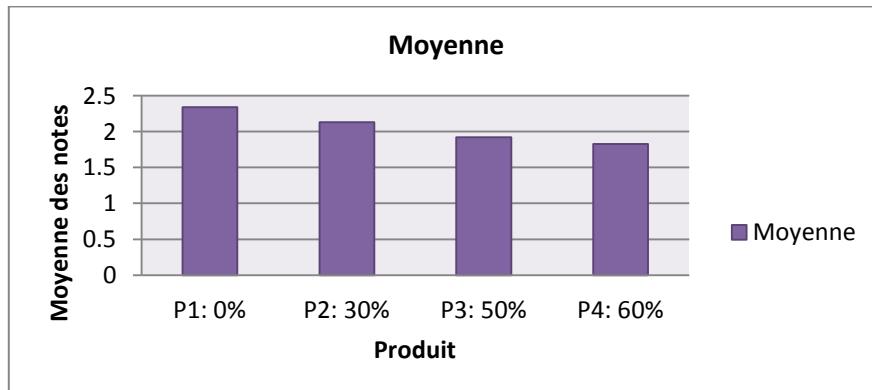
❖ Epreuve 2 : Tests d'acceptabilité

Les tests d'acceptation ont été effectués sur une échelle d'intensité à trois points. La moyenne des notes attribuées aux quatre échantillons est donnée dans le Tableau n°18.

Tableau n°18: Moyenne de l'acceptabilité des juges sur les *mofo gasy*

Nom	%FMHQ	Code	Effectif	Moyenne	Ecart-Type
P1	0	75	71	2.34	0.74
P2	30	303	71	2.13	0.65
P3	50	632	71	1.92	0.73
P4	60	974	71	1.83	0.74

Source : FIZZ traitement, version 2007

**Figure n°19 :** Histogramme des moyennes de note d'acceptabilité du *mofo gasy*

Les échantillons P1 et P2 ont une moyenne supérieure à 2, tandis que les moyennes des échantillons P3 et P4 sont inférieures à 2 (cf tableau n°18). Seuls les produits P1 à 0% de FMHQ et P2 à 30% de FMHQ sont donc acceptés par les dégustateurs. L'échantillon P1 présente la moyenne la plus élevée : 2,34. C'est le plus accepté par les dégustateurs suivi du produit P2. La moyenne des notes diminue pour les produits P3 et P4.

$$P1(0\%FMHQ) > P2(30\%FMHQ) > P3(50\%FMHQ) > P4(60\%FMHQ)$$

Tableau n°19 : Résultats ANOVA des regroupements des produits sur XLSTAT

Modalité	%FMHQ	Code	Effectif	Moyenne	Groupes
P1	0	75	71	2.34	A
P2	30	303	71	2.13	AB
P3	50	632	71	1.92	BC
P4	60	974	71	1.83	C

Source : FIZZ traitement 2007

D'après les résultats de l'analyse de la variance, les produits P1 et P2 sont considérés comme différents mais pas significatifs étant donné que leurs modalités sont reliées par une même lettre A. Par contre, la moyenne des notes des produits P3 et P4 est inférieure à 2. Ces deux produits ne sont donc pas appréciés par les dégustateurs. La différence entre modalité des deux produits est reliée par une même lettre C. Donc, la différence entre P3 et P4 n'est pas significative. Nous pouvons conclure qu'à 30%, la proportion en FMHQ dans le *mofo gasy* est acceptée par les consommateurs. Autrement dit, l'ajout de FMHQ diminue l'acceptabilité du *mofo gasy*. Toutefois, la préférence n'a pas changé à 30%.

II.1.6. Evaluation sensorielle du *Menakely*

II.1.6.1. Test discriminatif

▪ Produits

La formulation des *menakely* pour le test discriminatif est donnée dans le Tableau n°20.

Tableau n°20 : Formulation du *menakely* pour le test discriminatif

INGREDIENTS	TEMOIN	E1	E2
Semoule de riz (%)	15	15	15
Farine de blé (%)	85	35	10
FMHQ (%)	0	50	75
Sucre (%)	35	35	35
Levure chimique (%)	7,3	7,3	7,3
Eau (ml)	1000	1000	1000

▪ Judges

Le panel de dégustation est composé de 28 juges ayant déjà participé à au moins un test sensoriel. Les sujets sont informés du but de l'essai. Les tâches sont les mêmes que dans le test discriminatif du *mofo gasy*.

▪ Résultats

Les résultats du test discriminatif effectué sur le *menakely* sont donnés dans le Tableau n°21.

Tableau n°21 : Résultats des tests discriminatifs du *menakely*

TESTS	%FMHQ	Sans Réponse	Réponses Retenues	Réponses exactes	Signif.(risque)
1 -P1/P2	0 et 50%	0	28	15	0,0216*
2 -P1/P2	0 et 75%	0	28	23	<0.0001***

Source : FIZZ Traitements version 2.41A, copyright 1994-2009 Biosystems.

P1 : *menakely* à 0% de FMHQ

P2 : *menakely* à 50% et à 75 % de FMHQ pour le second test.

Le nombre de réponses retenues est de 28. Pour le premier test, le nombre de réponses correctes est égal à 15. Or, pour un niveau de signification $\alpha \leq 0,5$, le nombre minimal de réponses correctes pour 25 réponses retenues est égal à 15 (AFNOR, 1988) et pour un niveau de signification $\alpha \leq 0,001$, le nombre de réponses correctes minimales est de 18. Par conséquent, il existe une différence peu significative entre les produits P1 à 0% de FMHQ et P2 à 50% de FMHQ.

Pour le second test, le nombre de réponses retenues est de 28. Le nombre de réponses exactes est de 23. Pour un niveau de signification $\alpha < 0,0001$, il existe une différence très significative entre les produits P1 à 0% de FMHQ et P2 à 75% de FMHQ. Donc, l'élaboration du profil flash et l'évaluation hédonique des produits peuvent être réalisées.

II.1.6.2. Elaboration du profil flash

▪ Produits

Les pourcentages étroits des échantillons de *menakely* sont choisis de manière à pouvoir comparer les modifications des caractéristiques organoleptiques de chaque échantillon (cf Tableau n°22).

Tableau n°22 : Présentation des échantillons de *menakely* pour l'élaboration du profil flash

PRODUITS	ECHANTILLON	% FMHQ	CODES
<i>MENAKELY</i>	P1	0	074
	P2	15	302
	P3	25	846
	P4	50	289
	P5	60	745
	P6	75	517
	P7	A1 (Ankadifotsy)	403
	P8	A2 (Analamahitsy)	188

▪ Judges

Le panel de dégustation est composé de 5 juges entraînés. Avant chaque séance, les juges sont informés du but du test sensoriel. Comme pour l'élaboration des profils flash du *mofo gasy*, les données sont traitées par ACP.

▪ Résultats

Le nombre d'axe principal obtenu à partir de l'élaboration du profil du *menakely* est égal à 4 (cf graphe de l'ACP horizontale des moyennes, pondération de STATIS, à l'annexe 3) :

- ☞ l'axe principal I permet de donner 32,7% des informations
- ☞ l'axe principal II permet de donner 21,3% des informations
- ☞ l'axe principal III permet de donner 14,9% des informations
- ☞ l'axe principal IV permet de donner 9,6% des informations

La somme de contribution à l'inertie des axes vaut : 78,5%. Par conséquent, pour avoir le maximum d'informations possibles, il faut considérer les données issues des quatre axes.

* Position des individus et des variables sur les axes principaux

Les résultats de la sélection des individus *Pi* et variables *ui* ayant un cosinus carré entre 0,5 et 1 sont regroupés dans le Tableau n°23.

Tableau n°23 : Regroupement des résultats de la position des individus et variables sur l'axe principal

	VARIABLES	INDIVIDUS	%FMHQ	COORDONNEES	CONTRIBUTION
AXE 1	Moue Rond Son croquant Hétérogène	P1	0	16,84843	31%
	Doré Son croquant Parfumé Hétérogène Goût sucré	P6	75	-16,33335	30%
AXE 2	Texture rugueux Toucher lourd Toucher huileux Visuel doré Mie crue Goût acidulé Poreux Son croquant Toucher élastique	P7	A1	20,77632	74%
AXE 3	Gros Huileux Odeur de cuit	P8	A2	12,27932	37%
AXE 4	Rond Texture pâteuse	P3	25	-9,0049	31%

Source : FIZZ traitement

Les produits P1 et P6 ont la plus forte contribution à l'axe 1. La contribution de P1 est de 31% et la contribution de P6, 30%. L'axe 1 est caractérisé par les variables principales : moue, rond, son croquant, hétérogène, goût sucré, doré et parfumé. Il est aussi à remarquer que les coordonnées de P1 et P6 sont opposées. Par conséquent, ces deux produits ne sont pas caractérisés par les mêmes descripteurs. Par analyse des coordonnées des individus et des variables dans le tableau n°1 et 2, le produit P1 à 0% de FMHQ est plus proche des descripteurs :

- moue
- odeur grillé
- rond
- texture spongieuse
- goût fade

Rappelons que le produit P1 à 0% de FMHQ est à base de farine de blé et semoule de riz. Ces constituants sont plus riches en protéines, et donc en acides aminés que la farine de manioc. Soumis à de forte température, les acides aminés vont réagir avec les composés carbonylés présents dans la pâte (comme les glucides réducteurs, les vitamines, etc). Cette réaction entraîne un assombrissement de la couleur, une apparition d'odeur et de saveur indésirable : odeur grillé, goût fade. D'une autre côté, le brunissement de la croûte appelé aussi réaction de Maillard accélère le temps de cuisson. De ce fait, la cuisson n'est pas réalisée au cœur du produit.

Le produit P6 est caractérisé par les descripteurs :

- son croquant
- Odeur gras
- couleur foncé
- odeur parfumé
- Hétérogène
- goût sucré
- toucher élastique

Le produit P6 est le résultat de l'incorporation de la FMHQ à 75% dans la formulation du beignet. Le son croquant perçu par les dégustateurs provient de la texture de la croûte des produits. Au contact d'une forte température de l'huile de friture, la pâte du beignet gonfle, la croûte brunit et la mie devient gélatineuse. Pour le produit P6, la réaction de Maillard est lente car la FMHQ est pauvre en protéine. La disponibilité des acides aminés est faible. Cette réaction est favorable pour le produit. Elle permet d'obtenir une bonne coloration du produit, une texture croquante de la croûte, et entraîne l'apparition d'odeur caractéristique du manioc. La FMHQ est aussi riche en amidon. A une forte température, l'amidon de la pâte devient gélatineux.



Cliché de l'auteur, 2011

Dans l'axe II, le produit P7 provenant d'un commerçant de *menakely* d'Ankadifotsy présente la plus forte contribution, 74%. L'axe II est caractérisé par les descripteurs :

- texture rugueux
- toucher lourd
- doré
- mie crue
- goût acidulé
- poreux
- son croquant

D'après les enquêtes effectuées auprès des fabricants de beignet d'Ankadifotsy, ils ajoutent une petite quantité de levain issu de la fabrication du *mofo gasy* dans la formulation des beignets. C'est ce qui explique le goût acidulé des produits. Le produit P7 est à base de farine de blé et de semoule de riz. Si les fabricants ne maîtrisent pas la température de friture, il y a accélération de la réaction de Maillard et du temps de cuisson. Par conséquent, la cuisson n'atteint pas le cœur du produit et la mie reste cru.

La contribution du produit P8 à l'axe 3 est de 37%. Elle est la plus élevée par rapport aux autres produits dans l'axe 3. Ce dernier est caractérisé par les descripteurs : gros, huileux, odeur de cuit. En effet, le produit P8 provient d'un commerçant de beignet d'AnalamaHitsy. Ce lieu est connu par la qualité et la quantité des produits vendus.

Les huit produits testés sont tous éloignés de l'axe 4, la valeur de leur cosinus carré étant très faible. Toutefois, le produit P3 offre la plus grande contribution à l'axe 4. Il possède les caractéristiques suivantes : rond, texture pâteuse.

II.1.6.3. Evaluation hédonique du *menakely*

▪ Notes sur les Juges

Le panel de dégustation du *menakely* est constitué par 65 sujets naïfs dont 34% sont des hommes et 66% des femmes. La répartition en tranche d'âge des sujets est donnée dans le Tableau n°24.

Tableau n°24 : Répartition en tranche d'âge des sujets

Tranche d'âge	- de 18 ans	19 – 25 ans	26 – 35 ans	36 – 45 ans	+ de 46 ans
Nombre	6	39	9	8	3
Pourcentage (%)	9	60	14	12	5

Source : Enquête, 2011

Les dégustateurs sont composés essentiellement de jeunes : 60% sont âgés entre 19 et 25 ans. Ce sont les principaux consommateurs de *menakely* en général. La fréquence de consommation des sujets est donnée par le Tableau n°25.

Tableau n°25 : Fréquence de consommation des dégustateurs

Fréquence de consommation	Supérieure à 1j	1 par jour	1/jour-1/semaine	Inferieur à 1/semaine
Nombre	9	8	25	23
Pourcentage	14	12	38	35

Source : Enquête, 2011

La majeure partie des dégustateurs consomme le *menakely* entre une fois par jour et une fois par semaine. Par rapport aux autres beignets traditionnels comme le *mofo gasy* et le *ramanonaka*, la fréquence de consommation du *menakely* est faible. La raison est peut être le coût élevé de ce type de beignets par rapport aux autres et aussi sa disponibilité sur l'étalage.

▪ Résultats

Les résultats des épreuves hédoniques effectuées sur les *menakely* sont présentés ci-dessous.

❖ Epreuve 1 : Test de préférence du *menakely*

Les résultats des 65 sujets ayant évalué les quatre séries d'échantillons sont regroupés dans le Tableau n°26:

Tableau n°26 : Résultats des sommes des rangs, cas du *menakely*

Produit	%FMHQ	Codes	Données	Somme rangs
P1	0	331	65	174.5
P2	25	290	65	147
P3	50	468	65	156
P4	75	879	65	172.5

Source : FIZZ traitement, 2007

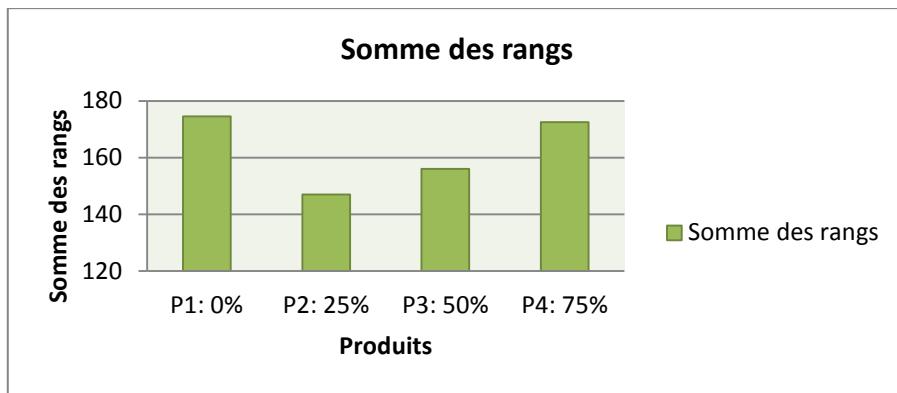


Figure n°20 : Histogramme des sommes des rangs du *menakely*

Le nombre de sujets est égal à 65, le nombre d'échantillons est égal à 4 et la somme des carrés des sommes des rangs est égale à 106152 (cf **Tableau n°26**). D'après la formule (1), la valeur F du test de FRIEDMAN est égale à 4,86 (cf **Tableau n°27**).

Tableau n°27 : Détermination de la valeur de F du test de FRIEDMAN

Somme des carrés des sommes des rangs	106152
F	4.86
F corrigé	4.8825
Signification F (Risque)	0.1823
Signification F corrigé (Risque)	0.1806

Source : FIZZ traitement, 2011

Pour un test de différence de 5%, la valeur de F est égale à 0,1823. Cette valeur est supérieure à 0,05. La conclusion est qu'il n'existe pas de différence significative entre les quatre échantillons du point de vue de la préférence des consommateurs.

Par comparaison des sommes des rangs attribués aux quatre produits, le produit P2 présente la somme des rangs la plus petite, 147, suivi de P3, 156, puis de P4, 174 et enfin de P1, 174. Le *menakely* à 0% de FMHQ est le moins préféré des dégustateurs. La préférence vient au *menakely* à 25 % de FMHQ suivi de près par P3 à 50% de FMHQ, puis de P4 à 75% de FMHQ.

$$P2(25\%FMHQ) > P3(50\%FMHQ) > P4(75\%FMHQ) > P1(0\%FMHQ)$$

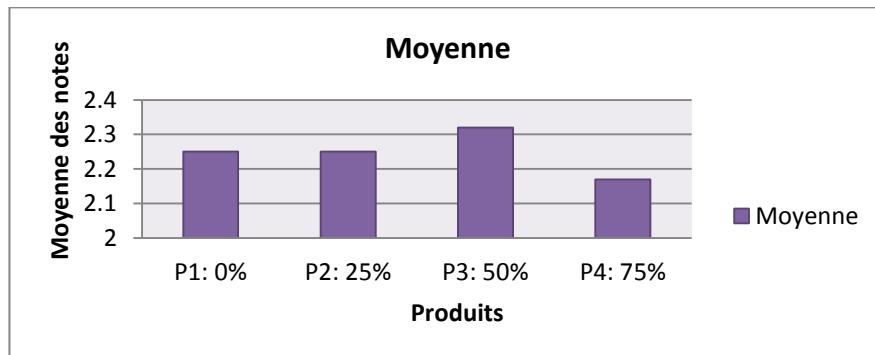
❖ Epreuve 2 : Test d'acceptabilité du *menakely*

La moyenne des notes sur l'acceptabilité des produits par les consommateurs est donnée par le Tableau n°28.

Tableau n°28 : Moyenne de l'acceptabilité des sujets sur le *menakely*

NOM	%FMHQ	CODES	EFFECTIF	MOYENNE	ECART-TYPE
P1	0	216	65	2.25	0.71
P2	25	935	65	2.25	0.66
P3	50	667	65	2.32	0.66
P4	75	118	65	2.17	0.88

Source : FIZZ traitement

**Figure n°21 :** Histogramme des moyennes des notes de l'acceptabilité du *menakely*

Les moyennes des notes des quatre produits sont supérieures à 2. Par conséquent, les quatre échantillons de *menakely* sont tous appréciés par les dégustateurs. Le produit P3 à 50% de FMHQ possède la moyenne la plus élevée. Il constitue donc l'échantillon le plus accepté par les dégustateurs suivi du produit P2, puis de P1 et enfin de P4.

$$P3(50\%FMHQ) > P2(25\%FMHQ) > P1(0\%FMHQ) > P4(75\%FMHQ)$$

II.1.7. Evaluation sensorielle du *ramanonaka*

L'incorporation de la FMHQ dans la formulation du *ramanonaka* consiste à substituer une partie de la semoule de riz et la part entière de la farine blé par la FMHQ.

II.1.7.1. Tests discriminatifs

Tableau n°29 : Formulation beignets pour le test discriminatif

INGREDIENTS	TEMOIN	E1	E2
Semoule de riz(%)	80	70	40
Farine de blé (%)	20	0	0
FMHQ (%)	0	30	60
Sucre (p.100 poids total de farine)	20	20	20
Sel (p.100 poids total de farine)	2	2	2
Eau froide (ml)	750	750	750
Eau bouillante (ml)	1000	1000	1000
Eau froide (ml)	1000	1000	1000

Les résultats des tests discriminatifs du *ramanonaka* sont indiqués dans le Tableau n°30.

Tableau n°30 : Résultats des tests discriminatifs du *ramanonaka*

TESTS	% FMHQ	Sans réponse	Réponses retenues	Réponses exactes	Signif. (risque)
1 -P1/P2	0 et 30%	0	29	18	0,0014**
2 -P1/P2	0 et 60%	0	29	21	<0.0001***

Source : FIZZ Traitements version 2.41A, copyright 1994-2009 Biosystems.

P1 : *ramanonaka* à 0% de FMHQ

P2 : *ramanonaka* à 30% de FMHQ pour le premier test et à 60% de FMHQ pour le second test.

Pour le premier test, le nombre de réponses retenues est égal à 29. Pour un niveau de signification $\alpha \leq 0,001$, le nombre de réponses correctes pour établir une différence significative entre les produits est 17 (AFNOR, 1988). Il existe donc une différence peu significative entre les *ramanonaka* à 0% de FMHQ et à 30% de FMHQ.

Pour le second test, le nombre de réponses correctes est égal à 21. Pour un niveau de signification $\alpha < 0,0001$, le nombre de réponses correctes est supérieur à 17. Par conséquent, il existe une différence très significative entre le produit P1 à 0% de FMHQ et le produit P2 à 60% de FMHQ.

II.1.7.2. Evaluation hédonique du *ramanonaka*

▪ Judges

Les dégustateurs participant à l'évaluation hédonique du *ramanonaka* sont 76. Ce sont aussi des sujets naïfs. Parmi ces 76 sujets, 45% sont de sexe masculin et 55% féminin. La moitié des dégustateurs, 51% est constituée par des jeunes âgés entre 19 à 25 ans (cf Tableau n°31).

Tableau n°31 : Répartition en tranche d'âge des dégustateurs du *ramanonaka*

Tranches d'âge	- de 18 ans	19 – 25 ans	26 – 35 ans	36 – 45 ans	+ de 46 ans
Nombre	0	39	10	12	12
%	0	51	15	17	17

Source : Enquête, 2011

La majeure partie des dégustateurs consomme le *ramanonaka* au moins une fois par jour.

Tableau n°32 : Fréquence de consommation de *ramanonaka* des dégustateurs

Fréquence de consommation	Supérieure à 1j	1/jour	1/jour–1/semaine	Inferieure à 1/semaine
Nombre	12	17	27	20
%	16	22	36	26

Source : Enquête, 2011

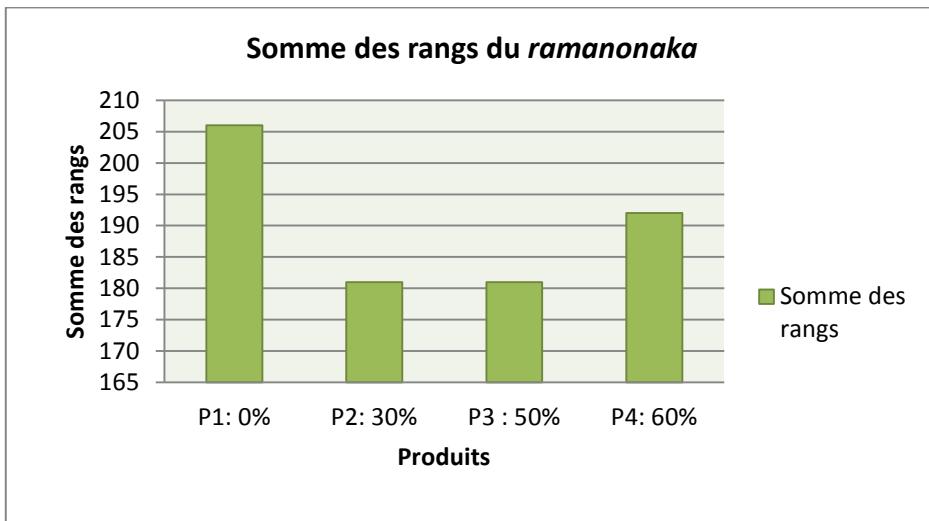
- **Test de préférence du *ramanonaka***

Les résultats du test de classement par rang des quatre échantillons de *ramanonaka* par les 76 sujets sont regroupés dans le Tableau n°33.

Tableau n°33 : Résultats des sommes des rangs, cas du *ramanonaka*

PRODUIT	%FMHQ	CODES	SUJETS	SOMME RANGS
P1	0	605	76	206
P2	30	492	76	181
P3	50	89	76	181
P4	60	718	76	192

Source : FIZZ traitement

Figure n°22 : Histogramme des sommes des rangs du *ramanonaka*

La somme des rangs des produits P2 et P3 sont égales. Elles sont moins élevées par rapport à celle de P1 et P4. Donc, les *ramanonaka* à 30% et à 50% de FMHQ sont les plus appréciés par les dégustateurs, suivis de P4 à 60% de FMHQ et enfin par P1 à 0% de FMHQ. Les dégustateurs préfèrent de loin les *ramanonaka* à 30% et à 50% de FMHQ que ceux à 0% de FMHQ.

$$P3(50\%FMHQ) = P2(30\%FMHQ) > P4(60\%FMHQ) > P1(0\%FMHQ)$$

Les résultats de calcul de F du test de FRIEDMAN sont présentés dans le Tableau n°34.

Tableau n°34 : Détermination de la valeur F du test de FRIEDMAN, cas du *ramanonaka*

Somme des carrés des sommes des rangs	144822
F	3.3316
F corrigé	3.3316
Signification F (Risque)	0.3433
Signification F corrigé (Risque)	0.3433

Source : FIZZ traitement

Pour un test de différence de 5%, la valeur de F en probabilité qui est égale à 0,3433 est supérieure à 0,05. Donc, nous pouvons conclure qu'il n'existe pas de différence sur la préférence des quatres produits par les consommateurs.

▪ Test d'acceptabilité du *ramanonaka*

La moyenne des notes sur l'acceptabilité des quatre produits par les dégustateurs est regroupée dans le Tableau n°35.

Tableau n°35 : Moyenne de l'acceptabilité des juges sur les *ramanonaka*

NOM	% FMHQ	CODE	EFFECTIF	MOYENNE	ECART-TYPE
P1	0	206	76	2,33	0,72
P2	30	368	76	2,33	0,7
P3	50	692	76	2,18	0,74
P4	60	949	76	2,2	0,78

Source : FIZZ traitement, 2007

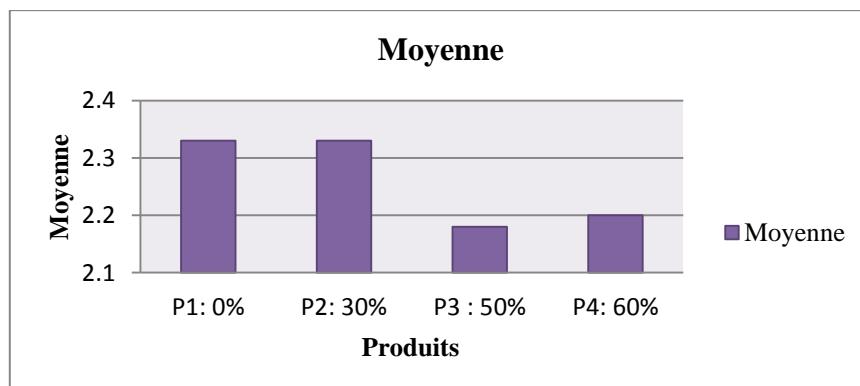


Figure n°23 : Histogramme de la moyenne des notes sur l'acceptabilité du *ramanonaka*

La moyenne des notes des quatre produits est supérieure à 2. Les quatre échantillons sont donc tous appréciés par les dégustateurs. La moyenne des notes attribuée à l'échantillon P2 est la plus élevée, suivi de P1, puis de P4 et enfin de P3. Du point de vue de l'acceptabilité des dégustateurs, l'échantillon P2 à 30% de FMHQ est le plus accepté.

$$P2(30\%FMHQ) > P1(0\%FMHQ) > P4(60\%FMHQ) > P3(50\%FMHQ)$$

Pour le cas du *ramanonaka*, les résultats du test de préférence et du test d'acceptabilité ne sont pas corrélés. Dans le test de préférence, les échantillons P3 à 50% de FMHQ et P2 à 30% de FMHQ sont les plus appréciés ; l'échantillon P1 à 0% de FMHQ est le moins apprécié. Par contre, les produits P1 et P2 sont le plus acceptés par les dégustateurs. Dans tous les cas, l'échantillon P2 à 30% de FMHQ est à la fois accepté et apprécié par les dégustateurs.

II.2. Effets de l'incorporation de la FMHQ au niveau des fabricants

Après les essais au laboratoire, la formulation des beignets au niveau des fabricants constituent la deuxième étape du travail. Elle a pour objectif de présenter les résultats obtenus auprès des utilisateurs finaux de la FMHQ, et aussi d'évaluer les divers changements en situation réelle. Deux commerçants de beignets de la ville ont accepté la réalisation des essais d'incorporation de la FMHQ dans les produits.

II.5.1. Cas du mofo gasy

- **Essai : La FMHQ participe à la fermentation**

Pour améliorer les qualités organoleptiques du *mofo gasy*, nous avons effectué d'autres essais de fabrication. Durant cette nouvelle expérience la FMHQ intervient au début de l'opération. Elle participe à la fermentation avec la semoule de riz (cf figure n°24). Les essais ont été effectués au niveau d'un commerçant d'Andravoahangy et les produits finis ont été mis directement à l'étalage pour pouvoir appréhender les avis des consommateurs. La FMHQ est riche en hydrates de carbones, substrats essentiels pour le bon déroulement de la fermentation de la farine par la levure. En absence d'oxygène et à une température d'environ 30°C, la levure biologique attaque tout d'abord le glucose et le saccharose préexistants dans la farine en dégageant du gaz carbonique, puis au maltose

formé au cours de l'amylose (dégradation de l'amidon). La fermentation ramollie la pâte, diminue le pH et il y a production d'acides organiques et d'alcools importants pour les propriétés organoleptiques du produit final (Brauman A. et al, 1995).

Figure n°24 : Diagramme de fabrication du *mofo gasy*, FMHQ participe à la fermentation



Durant les essais, les modifications dues à l'incorporation de la FMHQ dans les beignets ont été prises en compte (cf Tableau n°36).

Tableau n°36 : Incorporation de la FMHQ sur le *mofo gasy*

RUBRIQUES	TEMOIN	E2
Semoule de riz (%)	90	50
Farine de blé (%)	10	0
FMHQ (%)	0	50
Quantité d'eau de la pâte	+1250ml	
Temps de cuisson	8min/cuisson/30galettes	9min/ cuisson/30galettes
Quantité d'huile	25cl	25cl
Bois de chauffe	2800g/cuisson/30galettes	1800g/cuisson/30galettes
Rendement (pour 1kg de farines)	98 <i>mofo gasy</i>	108 <i>mofo gasy</i>

Du point de vue technologique, l'incorporation de la FMHQ lors de la fermentation a modifié quelques paramètres de fabrication. En premier lieu, le pouvoir d'absorption de

la FMHQ est élevée par rapport à la semoule de riz et à la farine de blé. Le pétrissage de la pâte à 50% de FMHQ nécessite une quantité d'eau inférieure à celle à 0% de FMHQ. En second lieu, la FMHQ est beaucoup plus riche en amidon que la semoule de riz et la farine de blé. En présence d'une température élevée, l'amidon devient gélatineux. Ce qui explique la texture collante des produits à base de FMHQ. L'échantillon E2 à 50% de FMHQ met un peu plus de temps dans la cuisson et il nécessite un feu doux pour parvenir à la cuisson. La quantité de bois de chauffe utilisée diminue donc pour l'échantillon E2 à 50% de FMHQ. Pour 1kg de farine totale utilisée, l'échantillon E2 a donné 108 *mofo gasy*, tandis que l'échantillon témoin ne produit que 98 *mofo gasy*. L'incorporation de la FMHQ lors de la fermentation a augmenté le volume de la pâte, d'où un rendement de production de E1 plus élevé que celui du témoin.

II.5.2. Cas du *ramanonaka*

Le principe de l'essai d'incorporation de la FMHQ dans le *ramanonaka* auprès des fabricants est le même que celui effectué au laboratoire. Toutefois, l'objectif dans cet essai est de déterminer les modifications des paramètres technologiques en situation réelle.

Tableau 37 : Incorporation de la FMHQ sur le *ramanonaka*

RUBRIQUES	TEMOIN	E2
FMHQ (%)	0	50
Quantité d'eau de la pâte	2750 ml	2750 ml
Temps de cuisson	14min/cuisson/19beignets	20min/cuisson/19beignets
Quantité d'huile	50cl	50cl
Bois de chauffe	1000g/cuisson/19beignets	750g/cuisson/19beignets
Rendement (pour 1kg de farines)	114 <i>ramanonaka</i>	114 <i>ramanonaka</i>

La cuisson du *ramanonaka* à 50% de FMHQ prend beaucoup plus de temps que celui à 0% de FMHQ. La quantité de bois de chauffe est faible pour E2, la croûte peut durcir facilement à feu doux. La cuisson de l'échantillon témoin nécessite un feu accentué pour pouvoir obtenir une croûte croquante. Par conséquent, la cuisson de l'échantillon témoin demande une quantité plus élevée de bois de chauffe.

II.3. Ffets de l'incorporation de la FMHQ sur la valeur nutritionnelle

Un aliment n'est pas un simple assemblage de substances biochimiques. Il se définit par sa capacité à être utilisable ou disponible pour un organisme vivant et par sa possibilité de participer à son fonctionnement et à la satisfaction de ses besoins de toute nature : énergétique, azoté, vitaminique, minéral, etc. Les glucides et lipides contenus dans les aliments fournissent directement de l'énergie. Les protides, quant à eux, entrent dans le système fonctionnel de l'organisme. Les vitamines participent à des opérations de synthèse et à la formation des enzymes. Après avoir déterminé la préférence des consommateurs sur les trois types de produits, nous allons entamer l'analyse des composantes biochimiques du *ramanonaka* à 50% de FMHQ et du *menakely* à 50% de FMHQ.

La valeur énergétique globale (VE), exprimée en kcal correspond à l'énergie libérée par la combustion des protéines, glucides et lipides contenus dans l'aliment. Elle est obtenue, selon la méthode de SOUTHGATE et GRIENFIELD, en utilisant les indices d'ATWATER :

- ☞ 4 Kcal pour l'oxydation de 1g de glucides
- ☞ 4 Kcal pour l'oxydation de 1g de protéines
- ☞ 9 Kcal pour l'oxydation de 1g de lipides

Pour 100g d'échantillon, la valeur énergétique est exprimée comme suit :

$$\text{VE (Kcal)} = (4 \times G) + (9 \times L) + (4 \times P)$$

II.3.1. Valeur énergétique du *ramanonaka*

Le *ramanonaka* à 50% de FMHQ a une teneur faible en protéine par rapport au *ramanonaka* standard. En effet, la semoule de riz provient de la mouture de riz, céréale à teneur élevé en protéine par rapport au manioc. La substitution à 50% de semoule de riz par la FMHQ a diminué la teneur en protéine du nouveau produit. Quant à la matière grasse, sa teneur augmente dans le produit à 50% de FMHQ.

Tableau n°38 : Résultats de la valeur énergétique du *ramanonaka*

COMPOSITIONS BIOCHIMIQUES (%)	RAMANONAKA A 0% FMHQ	RAMANONAKA A 50% FMHQ
Teneur en eau	48,7	50,9
Protéine	6,4	4,2
Matières grasses	14,79	17,56
Cendres	0,008	0,009
Glucides	79	78
Valeur énergétique globale (kcal)	475	487

Source : CNRE, 2011

L'incorporation à 50% de FMHQ sur le *ramanonaka* a augmenté la valeur énergétique globale du produit. Le nouveau produit a l'avantage de contenir plus de calories que le produit confectionné avec de la semoule de riz uniquement.

II.3.2. Valeur énergétique du *menakely*

La teneur en protéine du *menakely* à 50% de FMHQ est aussi faible par rapport à celui du *menakely* standard. Les résultats de l'analyse physico-chimique des deux échantillons de *menakely* sont présentés dans le Tableau n°39.

Tableau n°39 : Résultats de la valeur énergétique du *menakely*

COMPOSITIONS BIOCHIMIQUES	MENAKELY A 0% FMHQ	MENAKELY A 50% FMHQ
Teneur en eau	47,8	43,4
Protéine total	7,25	4,07
Matières grasses	15,61	16,37
Cendres	0,008	0,009
Glucide total	76,4	80,3
Valeur énergétique globale (kcal)	475	485

Source : CNRE, 2011

L'incorporation à 50% de FMHQ dans le *menakely* a augmenté sa valeur énergétique globale. L'apport en glucide par la FMHQ a contribué en grande partie à cette augmentation de la valeur énergétique du nouveau produit. La teneur en matières grasses a aussi connu une légère augmentation. En effet, lors de la friture le beignet à 50% de FMHQ absorbe plus d'huile que celui à 0% de FMHQ.

II.3.3. Conclusion partielle

La composition biochimique des beignets résulte des caractéristiques de la matière première. Les beignets standards sont fabriqués à partir de semoule de riz et de farine de blé. D'une part, la teneur en protéine de la semoule de riz blanc d'après Cérighelli est de 7,56%. Elle varie selon la variété de riz. Les grains de blé renferment dans leur endosperme une assise protéique appelée couche à aleurone riche en matières azotées. De plus, le germe de blé est constitué par l'embryon et le scutellum qui renferment des matières nutritives nobles comme les protéines, les matières grasses et les vitamines. La teneur en protéine de la farine de blé, d'après Cérighelli est de 11%. D'autre part, la teneur en protéine de la FMHQ est de 1,4%. Elle est relativement faible par rapport aux deux autres matières premières. Par conséquent, la teneur en protéine des beignets à base de FMHQ est faible par rapport aux beignets standards.

A partir des analyses sensorielles des beignets, le test discriminatif a montré qu'il existe des différences significatives du point de vue caractéristiques organoleptiques entre :

- *menakely* à 0 % et 25 % et 50 % de FMHQ ;
- *mofo gasy* et *ramanonaka* à 0% et 30 % et 60 % de FMHQ

L'élaboration du profil flash du mofo gasy a montré que les galettes à 0 % et 10 % de FMHQ ont les mêmes descripteurs sur l'axe 1 de l'ACP. De même pour les galettes à 50 % et à 60 % de FMHQ. Les descripteurs des galettes à 0 % et à 50 % sont anti-corrélos. Pour le menakely, les descripteurs des beignets à 0% et à 75% de FMHQ sont anti-corrélos. L'évaluation hédoniques des produits révèle que le *menakely* à 25 % et à 50 % sont les plus préférés par les dégustateurs. Pour le cas du *ramanonaka*, les galettes à 30 % et à 50 % sont les plus appréciées. Et pour le *mofo gasy*, la galette standard, c'est-à-dire à 0% de FMHQ reste la plus appréciée, mais des solutions peuvent être avancées.

D'après les analyses chimiques effectuées sur la FMHQ, la teneur en glucides est de 86,1%. Les résultats de l'analyse de la teneur en glucide de la farine de blé et semoule de riz effectuée par Cérighelli sont respectivement de 74% et 77,56%. La teneur en glucide totale de la FMHQ est la plus élevée par rapport à la farine de blé et la semoule de riz. De ce fait, les beignets à base de FMHQ est plus énergétique que les beignets standards.

PARTIE III : ETUDE FINANCIERE

Dans le cadre de l'étude, l'enjeu sur la rentabilité de l'incorporation à 50% de FMHQ dans la formule des beignets est important. Deux types de beignets ont été choisis pour cette étude : le *ramanonaka* et le *menakely*, la préférence et l'acceptabilité des produits étant déjà prouvées par les dégustateurs. Une comparaison des marges bénéficiaires des produits standards et ceux avec des pourcentages de FMHQ permettra de choisir le procédé le plus rentable pour les artisans. Avant d'entamer cette étude comparative des marges bénéficiaires des produits, l'estimation du prix de revient de la FMHQ constitue une étape primordiale car elle permet de déterminer le prix de vente d'1Kg de FMHQ. De ce fait, les considérations de faits suivantes sont prises en compte.

- ☞ Il existe une unité de fabrication de farine de manioc nommé FAR'MAN à Ambohimanambola.
- ☞ Des études de faisabilité technico-économique sur l'implantation de cette unité ont été réalisées (Ramahefanirina, 2005).
- ☞ La notion de coût de revient est importante : elle donne des indications pour déterminer le prix de vente d'un kilogramme de farine de manioc haute qualité ; elle permet aussi d'améliorer la rentabilité de l'entreprise.

I. ERGONOMIE DE L'USINE

L'Entreprise FAR'MAN possède un broyeur pouvant traiter jusqu'à 16 tonnes de tubercules frais par jour. Pour produire 1 kg de FMHQ, il faut 4 kg de manioc frais. Donc, la transformation de 16 tonnes de tubercules frais de l'entreprise produit environ 2,5 tonnes de farine par jour, soit 1.000 tonnes de FMHQ par an. L'usine travaille 6 jours sur 7, soit 250 jours par an.

II. ESTIMATION DU COUT DE REVIENT DE LA FMHQ

De nombreux éléments entrent en compte dans le calcul du prix de vente d'un produit. Pour pouvoir préciser le coût de revient de la FMHQ, il est nécessaire de connaître toutes les charges de l'Entreprise. Les charges directes sont celles qui sont directement affectées à la production des biens et des services de l'entreprise. Elles sont essentiellement constituées par le coût des matières premières et du personnel affecté à la production (main d'œuvre) et par une partie des coûts énergétiques. Les autres charges qui n'entrent pas

directement dans la production mais qui participent à l'existence de l'entreprise et à son fonctionnement sont des charges dites indirectes : le loyer, l'électricité, l'eau, le personnel administratif, les impôts et taxes, les amortissements, les intérêts, les frais de transport... (Chervel M., 1976).

Il y a aussi les charges variables et les charges fixes. Les charges qui varient en fonction de la production sont des charges variables. Celles qui sont indépendantes du volume de production, comme le loyer et les salaires du personnel salarié, sont des charges fixes. La répartition des charges incorporables est donc en fonction de plusieurs critères. Elles sont indiquées dans le Tableau n°40:

Tableau n°40 : Répartition des charges de l'Entreprise FAR'MAN

	CHARGES VARIABLES	CHARGES FIXES
CHARGES DIRECTES	Matières premières Matières consommables Main-d'œuvre temporaire et/ou prestation de service Energie	Main-d'œuvre salariée (production)
CHARGES INDIRECTES	Promotion Frais de transport	Loyer, énergie (bureau) Personnel administratif Impôts et taxes, intérêts Amortissements

Source : Axtell et al, 2007

II.1. Charges fixes : coûts des investissements de l'usine

Les charges fixes participent à l'existence de l'entreprise et à son fonctionnement. Nous allons détailler plus tard les charges fixes de l'entreprise FAR'MAN avec les amortissements des équipements. Il est à noter que, par définition, l'amortissement est la constatation comptable d'une dépréciation réalisée (ou prévue) périodiquement sur la durée de vie d'un équipement (ou tout autre immobilisation).

II.1.1. Frais d'établissement

Les frais d'établissement font parties de l'immobilisation incorporelle de l'usine. Ce sont les frais engagés dans la constitution du projet c'est-à-dire les frais d'enregistrement. Ils sont estimés à **600.000Ar** avec une durée de 5 ans.

II.1.2. Terrains et constructions

L'Entreprise FAR'MAN est installée dans la région *d'Ambohimanambola*. Le terrain appartient à l'Etat et il n'est pas à vendre. Le bâtiment est composé d'un atelier, d'un magasin de stockage, d'une salle de séchage et d'un bureau. Les constructions sont évaluées à 4.634.000 Ar. La durée de vie de la construction est estimée à 20 ans.

II.1.3. Matériels et outillages

Ce sont les machines intervenant dans le processus de transformation du manioc en FMHQ. Le tableau suivant récapitule les matériels de production de la FMHQ en fonction des étapes de production.

Tableau n°41 : Liste des matériels et outillages pour la fabrication de la FMHQ

ETAPE	EQUIPEMENT/MATERIEL	CONSTRUCTION/ESPACE
Réception		Espace de 10m2
Lavage	Bassin, seaux, cuvettes, éponges	1 bac de lavage
Broyage	Broyeur de capacité minimal de 10 tonnes par jour.	
Pressage	Presse hydraulique	
Emiettage	Manuel	
Séchage	Plateaux	Séchoirs solaire
Mouture	Moulin à marteau	
Conditionnement	Sacs en jute Machine d'ensachage	

Source : Compilation des données

Le coût des matériels et outillages est estimé à 6.596.000Ar et les amortissements valent 517.600 Ar.

II.1.4. Matériels de transport

Les cinq cites d'approvisionnement en tubercules frais de l'Entreprise sont Andonaka, Ambatomanohina et Marovitsika où la production est élevée. Pour mieux maîtriser la chaîne d'approvisionnement, l'entreprise dispose d'un camion et d'un 404 bâché d'occasion. Un camion coûte 30.000.000 Ar avec une durée de vie de 5 ans et le 404 bâché vaut 7. 000.000 Ar avec une durée de vie 5 ans.

Le coût total des matériels de transport est de 37.000.000 Ar. L'amortissement est de 7.400.000 Ar. L'Entreprise possède déjà une 404 bâchée qui sera considérée comme un apport en nature.

II.1.5. Agencements, Aménagements et Installations

Ce sont les installations d'équipement, de branchement électrique, d'adduction d'eau évaluée à 700.000 Ar. Leur durée de vie est de 10 ans. L'amortissement est donc égal à 70.000 Ar.

II.1.6. Matériels et mobiliers de bureau

Les matériels utilisés sont composés de :

- ✓ deux tables à 160.000 Ar chacune donc 320.000 Ar au total ;
- ✓ quatre chaises à 10.000 Ar l'unité, donc le total est 40.000 Ar ;
- ✓ fournitures de bureau estimées à 60.000 Ar.

La durée de vie des matériels est estimée à 5 ans. Le matériel et mobilier de bureau est évalué à 420.000 Ar avec un amortissement de 84.000 Ar.

II.1.7. Matériel informatique

Le matériel informatique est évalué à 2.760.000 Ar. Il est constitué par deux ordinateurs complets d'une valeur de 830.000 Ar l'un, et d'une imprimante à 1.100.000 Ar. L'amortissement du matériel informatique est estimé à 552.000 Ar.

II.1.8. Récapitulation des coûts d'investissements

Les détails des calculs figurent dans l'annexe 4. Les résultats des calculs des coûts d'investissements de l'usine FAR'MAN sont regroupés dans le Tableau n°42.

Tableau n°42 : Récapitulation des coûts d'investissements de l'usine FAR'MAN

DEPENSES D'INVESTISSEMENT	MONTANT	AMORTISSEMENT
Bâtiment et hangar	4 634 000	231 700
Matériels et outillage	6 596 000	517 600
Matériels de transport	37 000 000	7 400 000
Matériels et mobiliers de bureau	420 000	84 000
Matériel informatique	2 760 000	552 000
Agencements, aménagements et installations	700 000	70 000
Entretien et réparation	200 000	200 000
Frais d'établissement	600 000	120 000
TOTAL	52 910 000	9 175 300

Source : Compilation des données

Après les divers calculs, les amortissements des matériels vont contribuer à la détermination du coût de revient de la FMHQ.

II.2. Charges variables : couts d'exploitation de l'usine

Les charges variables sont directement proportionnelles à la production de l'usine. Elles font apparaître les données économiques relatives à l'activité de production, en l'occurrence le lavage, le broyage, le séchage et le conditionnement de la FMHQ.

II.2.1. Besoins en matières premières

La capacité maximale de l'unité est de 16.000 kg de tubercules de manioc frais par jour. Compte tenu que 4 kg de tubercules donnent 1 kg de FMHQ, l'unité produit 4.000 kg de FMHQ par jour. L'unité fonctionne 250 jours par an et produit 1.000.000 kg de FMHQ par an. Les tubercules de manioc sont achetés à 200 Ar le kilo dans les sites de collectes.

II.2.2. Besoins en main d'œuvre

Les moyens humains sont constitués par les différentes personnes travaillant dans l'entreprise en partant du gérant jusqu'aux petits employés. Pour atteindre les objectifs de production, les ressources humaines sont divisées en deux catégories : les responsables techniques et les responsables de l'administration de l'Entreprise. La charge du personnel est évaluée à 37.900.000 Ar par an.

II.2.3. Besoins en énergie et en eau

Toutes les opérations s'effectuent mécaniquement, comme le pressage, et manuellement, à l'exception du broyage. Le broyeur consomme 10.000 KWh par an. Le lavage des matières premières à besoin d'environ 2.000 m³ d'eau par an.

Tableau n°43 : Besoins en énergie et en eau de l'usine FAR'MAN

TYPE D'ENERGIE	QUANTITE/AN
Électricité	10 000 KWh
Eau	2000 m3

Source : Compilation des données

Compte tenu que le m³ d'eau de la JIRAMA coûte 360 Ar et 1 KWh vaut 205 Ar, les dépenses en énergies et en eau de l'usine sont évaluées à 22.770.000 Ar avec le prix du carburant pour les déplacements.

II.2.4. Besoins en emballages

Le conditionnement des FMHQ se fait à l'aide de sacs en jute d'une capacité de 100 kg. L'usine a donc besoin de 10.000 sacs chaque année. Le prix unitaire étant de 1.000 Ar.

II.3. Calcul du prix de revient de la FMHQ

La détermination du coût de revient consiste à répartir toutes les charges de l'entreprise en fonction de l'affectation la plus proche du réel. La démarche de calcul consiste à répertorier les charges selon les classifications énoncées précédemment : les charges fixes et les charges variables. Le coût de revient de la FMHQ s'obtient en divisant le total des charges de l'usine pendant toute l'année par le volume de production durant cette même période.

Tableau n°44 : Détermination du prix de revient d'1Kg de FMHQ

CHARGES VARIABLES	Montant annuel	Prix par kg de FMHQ
Charges d'exploitation	832 770 000	833
CHARGES FIXES		
Amortissement des investissements	9 175 300	9
Charges du personnel	37 900 000	38
TOTAL	874 795 300	880

Source : compilation des données

Le prix de revient de la FMHQ est de **880 Ar**. Le prix de vente de la FMHQ est évalué à **1.000 Ar** le kilo.

III. ETUDE COMPARATIVE DES MARGES BENEFICIAIRES DES BEIGNETS

Elle ne paie pas de mine mais « l'industrie informelle » des *koba*, *mofo gasy*, *ramanonaka* et *menakely* rapporte aussi bien que n'importe quelle activité. Plusieurs milliards circulent chaque année dans ce secteur donné. La réussite réside dans la fidélisation de la clientèle par la qualité des produits d'autant que ces produits font partie des produits de première nécessité d'une majorité des Malagasy.

L.RATSIAZO, DMD n°652 du 04/11/99

Sachant le prix de vente de la FMHQ, quel est donc l'impact de l'incorporation à 50% de la FMHQ dans les beignets sur le plan économique ? Les bases de calcul des coûts de production des beignets sont issues des données propres d'un fabricant de Mandihilaza. Les informations détaillées figurent dans l'annexe 4. L'unité de fabrication de beignets à Mandihilaza travaille 7 jours sur 7, soit 300 jours par an. La fabrication du *ramanonaka*

dure 13 heures (6h du matin à 19h du soir). Le chronogramme des activités par jour figure dans l'annexe 4. Il produit 840 *ramanonaka* par jour, soit 252.000 produits par an.

III.1. Cas du *ramanonaka*

La détermination des marges bénéficiaires des beignets standards et à 50% de FMHQ s'effectue par le calcul des coûts d'exploitation du commerçant lors de la fabrication des beignets et les amortissements des matériels utilisés (cf. Tableau n°45).

Tableau n°45 : Comparaison des coûts de productions annuels d'un *ramanonaka* standard et d'un *ramanonaka* à 50% de FMHQ

RAMANONAKA STANDARD				RAMANONAKA A 50% FMHQ		
DESIGNATION	Prix unitaire (Ar)	Quantité	Total	Prix unitaire (Ar)	Quantité	Total
Semoule de riz (kg)	1 400	1 680	2 352 000	1 400	1 050	1 470 000
FMHQ (kg)	-	-	-	1000	1 050	1 050 000
Farine de blé (kg)	1 800	420	756 000	-	-	-
Sucre (kg)	3 000	420	1 260 000	3 000	420	1 260 000
Sel (kg)	200	42	8 400	200	42	8 400
Huile (L)	5 000	420	2 100 000	5 000	420	2 100 000
Eau de service	50	300	15 000	50	300	15 000
Bois de chauffe (kg)	150	2 100	315 000	150	1 575	236 250
Electricité	4 000	12	48 000	4 000	12	48 000
Mains d'œuvre	1 500	300	450 000	1 500	300	450 000
Amortissement	-	-	27 500	-	-	27 500
Coûts totaux	-	-	7 331 900	-	-	6 665 150
Revenue	50	252 000	12 600 000	50	252000	12 600 000
Bénéfice brut	-	-	5 268 100	-	-	5 934 850
Patente			360 000			360 000
Bénéfice net	-	-	4 908 100	-	-	5 574 850
Bénéfice net par produit	-	-	19	-	-	22
Marge bénéficiaire	-	-	61,3%	-	-	78,6%

D'après le calcul des coûts d'exploitation du commerçant en une année (cf. tableau n°45), le bénéfice net du *ramanonaka* standard est estimé à 19 Ar par produit. Le prix de vente d'un *ramanonaka* étant de 50 Ar, le coût de revient d'un *ramanonaka* standard est

donc égal à 31 Ar. Pour un bénéfice net de 19 Ar, la marge bénéficiaire d'un *ramanonaka* standard est de 61,3%.

Après estimation des coûts de production d'un commerçant de Mandihilaza, le bénéfice net d'un *ramanonaka* à 50% de FMHQ est de 22 Ar ; le prix du kilogramme de farine de blé étant de 1800 Ar, celle de la semoule de riz de 1400 Ar sur le marché et le kilogramme de la FMHQ est égal à 1000 Ar. L'incorporation de la FMHQ à 50% dans le *ramanonaka* augmente le bénéfice net par produit de 3 Ar. Le prix de vente d'un *ramanonaka* à 50% de FMHQ est 50 Ar. Le bénéfice net par produit étant égal à 22 Ar, le coût de revient d'un *ramanonaka* à 50% de FMHQ est donc égal à 28 Ar. Pour un bénéfice net de 22 Ar, la marge bénéficiaire d'un *ramanonaka* à 50% de FMHQ est de 78,6%.

En somme, l'incorporation de la FMHQ à 50% dans le *ramanonaka* a augmenté la marge bénéficiaire du produit à 17,3%. La substitution de la semoule de riz par 50% de FMHQ engendre des bénéfices pour les commerçants.

III.2. Cas du *menakely*

Dans le cas du *menakely*, les détails des calculs sur les coûts de production annuels figurent dans l'annexe 4. La fabrication du *menakely* s'effectue une fois par jour (de 6 h à 15 h). La quantité de farine totale utilisée est de 3 kg par jour. La détermination des marges bénéficiaires des beignets s'effectue par le calcul des coûts de production des beignets et le calcul des amortissements des matériels utilisés (cf. tableau n°46).

Après le calcul des coûts de production des *menakely* standards, le bénéfice net est évalué à 26 Ar par produit. Le prix de vente d'un *menakely* standard sur le marché est de 150 Ar. Le coût de revient est donc égal à 124 Ar. Pour un bénéfice net de 26 Ar, la marge bénéficiaire d'un *menakely* standard est de 21%.

Tableau n°46 : Comparaison des coûts de productions annuels d'un *menakely* standard et d'un *menakely* à 50% de FMHQ

MENAKELY STANDARD				MENAKELY A 50% DE FMHQ		
Désignation	Prix unitaire (Ar)	Quantité	Total	Prix unitaire (Ar)	Quantité	Total
Farine de blé (kg)	1800	720	1296000	1800	315	567000
Semoule de riz (kg)	1400	180	252000	1400	135	189000
FMHQ (kg)	1000	-	-	1000	450	450000
Sucre (kg)	3000	180	540000	3000	180	1260000
Levure chimique (g)	200	108	21600	200	108	8400
Huile (L)	5000	600	3000000	5000	600	2100000
Eau de service	50	300	15000	50	300	15000
Bois de chauffe (kg)	150	3000	450000	150	3000	236250
Electricité	4000	12	48000	4000	12	48000
Main d'œuvre	1500	300	450000	1500	300	450000
Amortissement	-	-	18000	-	-	18000
Coûts totaux	-	-	6 090 600	-	-	5 748 600
Revenue	150	52200	7830000	150	54900	8235000
Bénéfice brut	-	-	1 739 400	-	-	2 486 400
Patente			360000			360000
Bénéfice net	-	-	1 379 400	-	-	2 126 400
Bénéfice net par produit			26			39
Marge bénéficiaire			21%			35%

Pour le cas du *menakely* à 50% de FMHQ, le bénéfice net par produit est de 39 Ar. Il a augmenté de 13 Ar par rapport au *menakely* standard. Le coût de revient d'un *menakely* à 50% de FMHQ est de 111 Ar. La marge bénéficiaire est donc de 35%. L'incorporation de 50% de FMHQ dans le *menakely* a augmenté la marge bénéficiaire de 14,2 %. Par conséquent, l'incorporation de la FMHQ à 50% dans la fabrication du *menakely* engendre des bénéfices considérables pour les commerçants.

CONCLUSION GENERALE

La production de manioc se développe progressivement à Madagascar. Malgré ce fait, la majeure partie de cette production est orientée dans l'autoconsommation et dans l'alimentation animale. La transformation n'est pas encore développée dans la grande île. A part la présence de quelques usines de féculeries, le mode de conservation du manioc le plus pratiqué reste le séchage. La transformation du manioc en farine de manioc de haute qualité (FMHQ) est récente dans le pays et provient des méthodes proposées par l'IITA. L'objectif de ce travail consiste à incorporer cette FMHQ dans les beignets traditionnels Malagasy.

Les beignets à base de FMHQ sont une nouveauté pour les Malagasy. Les expériences de l'analyse sensorielle ont été faites pour connaître les effets de l'incorporation de cette farine sur les caractéristiques organoleptiques des beignets et surtout pour déterminer le niveau d'acceptabilité des consommateurs face aux nouveaux produits. Trois types de beignets ont été étudiés : le *mofo gasy*, le *ramanonaka* et le *menakely*. Pour ces trois types de produits, si le pourcentage de FMHQ est élevé, les dégustateurs perçoivent plus de différences significatives entre ces produits. Pour le cas du *menakely* et *ramanonaka*, les échantillons à 0% de FMHQ sont les moins appréciés par les dégustateurs. Ils occupent la dernière place dans le test de classement par rang. Les qualités organoleptiques des *menakely* et *ramanonaka* à 50% de FMHQ sont jugées meilleures que celles des *menakely* et *ramanonaka* standards à 0% de FMHQ. L'incorporation de la FMHQ dans ces beignets a donc augmenté les qualités organoleptiques du produit. De plus, sa présence à un pourcentage élevé, à 50% de FMHQ est préférée et acceptée par les dégustateurs. Par contre, l'incorporation à plus de 30% de FMHQ dans le *mofo gasy* n'est pas acceptée par les dégustateurs. Des essais au niveau des commerçants ont permis d'améliorer les qualités organoleptiques du *mofo gasy*.

Après l'analyse physico-chimique du *menakely* et de *ramanonaka*, les résultats ont donné qu'après incorporation de FMHQ à hauteur de 50%, il y a augmentation de la valeur énergétique des beignets. De plus, cette méthode permet de créer des valeurs ajoutées pour les commerçants et aussi pour tous les acteurs dans la filière manioc. Les résultats obtenus à l'issue de cette étude nous ont donc permis de confirmer les hypothèses de départ.

La valorisation de la FMHQ dans l'alimentation constitue une nouvelle façon de consommer le manioc. Elle permet de lutter contre la malnutrition de la population Malagasy. A travers les différents traitements physiques au cours de la production de la FMHQ, les cyanogènes responsables de la toxicité du manioc sont réduits et seront éliminés lors de son incorporation dans les beignets. Ce maniotoxine ingéré à une forte dose est responsable de diverses carences pour les hommes.

La transformation du manioc en FMHQ permet de développer le domaine des industries agricoles et alimentaires. Par son utilisation variable dans l'alimentation, elle peut assurer un débouché pour les agriculteurs de manioc.

Aussi, cette étude offre plusieurs suites à donner dans différents domaines. Tel est par exemple l'agriculture. Il est important d'entamer des recherches plus approfondies sur les techniques culturales afin d'améliorer la productivité et de lutter contre les maladies du manioc. A l'issue de cette étude, des campagnes de sensibilisation sur les potentialités du manioc devraient aussi être effectuées auprès des agriculteurs.

En ce qui concerne les industries agricoles et alimentaires, des études plus approfondies sur la mise en place d'un système de contrôle qualité de la FMHQ et des beignets traditionnels Malagasy peuvent être effectuées. L'analyse de la teneur en cyanure, facteur antinutritionnel dans le manioc constitue l'une des grandes étapes dans le contrôle de la qualité des produits.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIES

- ABASS A.B., Dziedzoave, Amoa-Awua W.K.A, Sablah M., (2006), *Quality management manual for production of high quality cassava flour*, IITA, Lambourn (UK) Ltd., Carolyn House, 68p.
- ADRIAN J., POTUS J., FRANGNE R., 1995, *La science alimentaire de A à Z*. Claire de biochimie industrielle et agroalimentaire : conservatoire des arts et métiers. 2^eEd. Paris : Lavoisier Tec et Doc, 477p.
- AFNOR, (1989), *Contrôle de la qualité des produits alimentaires*. Méthode d'analyse officielle, 1^eEd. Paris, AFNOR ; 373p
- AFNOR, (1988), *Contrôle de la qualité des produits alimentaires – Analyse sensorielle*, 3^{ème} édition, Paris, 207p.
- AFNOR, (1997), Dosage de l'azote en vue du calcul de la teneur en protéines brutes, Paris.
- AGNES P-R., (2004), Le point sur l'évaluation sensorielle des fruits et légumes frais, Edition Ctifl, Paris, 10p.
- ANDRIAMPENOHAJA, (2003), *La farine de patate douce et son incorporation en pâtisserie et/ou en biscuiterie*, Mémoire de fin d'études, Département Industries Agricoles et Alimentaires, promotion TARATRA, 90p.
- ANDRIATSIORIMANANA, (1982), Pour l'obtention d'un meilleur mofo gasy, Mémoire de fin d'études, ESSA, Département Agriculture.
- AXTELL B., FELLOWS P., (2007), *Créer et gérer une petite minoterie ou une boulangerie-pâtisserie*, Collection CTA-GRET, Editions du GRET, Collection « Réussir dans l'agro-alimentaire », Paris, 248p.
- BIZOT H., MARTIN G., (1991), *Mesure de l'eau absorbée dans les aliments : Teneur en eau, activité de l'eau, adsorption*. In MULTON J.L Technique d'analyse en industrie agroalimentaire : Analyse des constituants alimentaires, Vol2. Paris : Lavoisier Tec&Doc. 1-19p.
- B.M. Watts, G.L.Ylimaki, L.E.Jefferey, L.G.Elias, (1991), *Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments*, Ottawa, CRDI, 143p.
- BOUGEOIS, C. M., & LARPENT, J. P. (1989). *Microbiologie alimentaire: les fermentation alimentaires* (Vol. tome 2). Paris: LAVOISIER.

- BROUTIN C., (2003), *Transformer les céréales pour les nouveaux marchés urbains, opportunités pour des petites entreprises en Afrique*, Collection « Le point sur », GRET, Paris, 295p.
- BRAUMAN A., KELEKE S., KIMPOLO-KIMFOKO L., (1995), *Origine et importance de l'activité amylasique dans la fermentation lactique des racines de manioc*, Editions ORSTOM.
- CHERVEL M., LE GALL M., (1976), *Manuel d'évaluation économique des projets : la méthode des effets*, République française, Ministère de la coopération, 200p.
- CLAUSTRIAUX J., (2001), *Considératioon sur l'analyse statistique de données sensorielles*, B.A.S.E., Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, 25p.
- DABAT M., RANAIVOSON, (2001), *Aperçu des utilisations agro-industrielles du manioc à Madagascar, Analyse de la filière manioc*, FOFIFA/EARRNET/CIRAD, 40pages.
- DEYMIE B., MULTON J.L., SIMON D., (1981), *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires – Analyse des constituants alimentaires*, Volume 4, Collection Sciences et Techniques agro-alimentaires, Tec et Doc, Paris, 395p.
- D'HERBOMEZ S., *Analyse sensorielle : le profil d'un produit*. Mise en place et analyse statistique, Université Lille, Sciences et technologies,
- DOSTIE B., RANDRIAMAMONJY, RABENASOLO, (1999), *La filière manioc : amortisseur oublié des vulnérables*, USAID, INSTAT, Cornell University, 29 p.
- DUBY C., ROBIN S., (2006), *Analyse en Composantes principales*, Département O.M.I.P, Institut National Agronomique, Grignon, 52p.
- GERES, THUILLIER, (1999), *Guide d'aide à la décision pour la création d'unités artisanales de séchage agroalimentaire*, Lafayette, Paris, 107p.
- FAO, (2008), *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde, prix élevé des denrées alimentaires et sécurité alimentaire-menaces et perspectives*, Rome, 56p.
- FAO/OMS, (2007), *Codex alimentarius : céréales, légumineuses et matières protéiques végétales*, Première édition, Rome, 106 p.

- GINON E., (2010), *Initiation à l'évaluation sensorielle*, LESSAC (Laboratoire Experimentation en Sciences Sociales et Analyse des comportements, ESC Bretagne Brest.
- GONZALEZ P., *Analyse en Composantes Principales*, 26p.
- GUINARD J., LESJEAN P., (1992), *Le livre du boulanger*, L.T. Edition LANORE, 170p.
- PAGES J., (1994), *Le traitement statistique des données sensorielles*, INSFA, Rennes, 20p.
- HUBERT P., (1992), *Le manioc*, Service de l'Enseignement agricole, Lycée Agricole Ambatobe, Agence de Tananarive, 26p.
- LAURENT L., (1991), Eléments minéraux. In : Multon J.L, *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires*, 2°Ed. Tome 4, Paris : Lavoisier Tec et doc, 79-98p.
- MONTREUIL J., SPIG G., FOURNET B., TOLLIER M., (1991), *Dosage non enzymatique des glucides*. In MULTON J.L, Techniques d'analyse alimentaires : Analyse des constituants alimentaires, 2°Ed, Paris : Tec&Doc, Lavoisier, Tome 4 : p99-139.
- RAJAONARIVONY, (1995), *Consommation et préparations culinaires du manioc à Madagascar*, CNRE Madagascar, Edition ORSTOM, Transformation alimentaire du manioc.
- RAMAHEFANIRINA, (2006), *Projet de création d'une unité de fabrication de farine de manioc à Ambohimanambola*, Mémoire de Maîtrise en Gestion, Département Gestion, Université d'Antananarivo, 97p.
- RASOARIMBOLA, (2008), *Contribution à l'étude de l'installation d'une unité de transformation d'igname dans le district de Brickaville*, Mémoire de fin d'études, Département Industries Agricoles et Alimentaires, promotion ILO, 80p.
- SASAKAWA, (2008), *Fabrication d'une farine de manioc de haute qualité*, Edition CTA, 6p.
- SAUVAGEOT F., (1982), *L'évaluation sensorielle des denrées alimentaires-aspects méthodologiques*, Tec &doc, CDIUPA, 189p.
- VALY, (1993), *Diary Valy, Cultures vivrières*, Edition Valy Agridéveloppement, Antananarivo, 41p.

- VAISSÉ C., (1990), *Madagascar*, Edition Didier Millet, Société nouvelle des éditions du Pacifique, Paris.

REVUES

- dmd, Revue mensuelle n°136 – 884, ANDRIANARISOA C., Manioc, un potentiel non exploité, Novembre 2004.
- Mada-journal, Revue Mensuelle n°0022, Fanjanarivo Symonette, Manioc : une place de coix dans l'agroalimentaire, 2003.
- dmd, Revue mensuelle n° 1004, Sécurité alimentaire : le manioc, une source de calories, mars 2010.
- dmd, Revue mensuelle n°614, Manioc, un appel aux industriels, Février 1999.
- dmd, Revue mensuelle n°138-886, Manioc : une filière à développer, Décembre 2004.
- dmd, hebdomadaire économique indépendant n°652, RATSIAZO L. « Koba, ramanonaka, mofo gasy...Plusieurs milliards méconnus chaque année », 04/11/99.

SUPPORT DE COURS

- FAWBUSH F., (2010), Chimie - Biochimie Alimentaire, Cours de cinquième année, Département des Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA.
- RANAIVOSON R.L., (2010), Industries des céréales, Cours de cinquième année, Département des Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA.
- RANDRIATINA R., (2009), Analyse sensorielle, Cours de quatrième année, Département des Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA.
- RAZAFIMBELO F., (2010), Evaluation de projets, Cours de cinquième année, Département des Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA.
- RAZAFINDRAJAONA J.M., (2009), Initiation à la recherche, Cours de quatrième année, Département Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA.

PARTIES EXPERIMENTALES

DETERMINATION DE LA COMPOSITION BIOCHIMIQUE DE LA FARINE ET DES PRODUITS FINIS

1. Humidité et teneur en matières sèches

a- Principe

La méthode utilisée consiste à déterminer la quantité d'eau perdue par l'aliment pendant une dessication de 48h à 103°C dans une étuve. Le protocole suit la norme AFNOR NFV 04 401.

b- Mode opératoire

Des quantités bien déterminées de farine sont mises dans des capsules de poids connus puis soumises à une température de 103°C dans une étuve. Après 48h, les capsules sont refroidies dans un dessicateur puis pesées sur une balance de précision. D'autres pesages sont effectués à des intervalles réguliers jusqu'à ce que les poids soient constants. Les pesages sont toujours précédés de refroidissement

Ainsi, l'humidité ou la quantité d'eau perdue lors de la dessication peut être rapportée soit :

- à la masse totale de matières sèches (MS) ;
- à la masse totale de matières fraîches (MF)
- puis exprimée par la formule

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

m_0 : Masse en grammes de la capsule vide

m_1 : Masse en grammes de la capsule munie de la prise d'essai avant étuvage

m_2 : Masse en grammes de la capsule munie de la prise d'essai après étuvage

H% : Humidité ou teneur en eau pour 100g d'échantillons

La teneur en matières sèches (MS%) est obtenue selon la relation :

$$MS = 100 - H\%$$

2. Dosage de la teneur en protéines

a- Principe

La méthode de KJELDHAL consiste à un dosage indirect des protéines par le dosage de l'azote, sachant que la quantité de protéines est de 6,25 fois celle de l'azote protéique.

b- Mode opératoire

0,3 g de farine est introduit dans le matras de KJELDHAL. 10ml d'acide sulfurique concentré et 1,4g de catalyseurs de minéralisation sont ajoutés. La minéralisation des farines se fait dans un digesteur pendant 3h. Elle est achevée lorsque la solution devient

vert limpide. Le minéralisat est refroidi, puis 20ml d'eau distillée sont ajoutés sous un courant d'eau froide avant d'ajouter de la soude caustique en excès qui entraîne l'ammoniac. Le distillat contenant l'ammoniac se condense dans une solution de récupération contenant 34,5ml d'eau distillée, 15ml d'acide sulfurique 0,1N et 0,5ml d'indicateur Tashiro. Le distillat est enfin dosé par une solution de soude 0,1N. Le volume de soude réduisant le distillat (chute de burette) est noté.

c- Mode de calcul

La teneur en azote total (N%) est donnée par la formule :

$$N\% = \frac{(V_1 - V_0) \times T \times 100}{m}$$

V₀ : volume de la solution de NaOH utilisé pour l'essai à blanc, en ml

V₁ : volume de la solution de NaOH pour la prise d'essai, en ml

T : Normalité de la solution NaOH utilisée lors du titrage

m : masse de la prise d'essai en grammes

Ainsi, la teneur en protéines totales peut être obtenue par la relation :

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

3. Détermination de la teneur en lipides

a- Principe

L'extraction sous vide avec un appareil SOXHLET permet d'obtenir un extrait lipidique sur lequel peut être réalisé toute détermination en qualité et quantité des acides gras (AFNOR, 1993). Cette technique est dite dosage des matières grasses par extraction directe avec le n-hexane et suit la norme NF V 03 - 905

b- Mode opératoire

Des billes de verres sont introduites dans un ballon puis l'ensemble est pesé. Les billes de verres ont pour rôle d'homogénéiser l'ébullition. Ensuite, l'hexane est versé dans le ballon puis chauffé à 45°C. Les vapeurs d'hexane issues du chauffage sont ensuite condensées par un tube réfrigérant. Ce sont les condensats qui extraient les lipides contenus dans 20g de farine. L'opération est réalisée pendant 6h. Ensuite, l'hexane est évaporé au Rotavapor à 65°C. Le ballon d'extraction est mis dans une étuve pendant quelques minutes pour éliminer l'hexane résiduel avant le pesage final.

c- Mode de calcul

La quantité de lipides contenue dans 20 g de farine (MG%) est la différence entre le poids du ballon vide et son poids avec les lipides après extraction et élimination du solvant. La teneur en lipides est obtenue à partir de la formule suivante :

$$MG\% = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100$$

m₀ : masse en grammes de la prise d'essai

m₁ : masse en grammes du ballon et des billes de verres

m₂ : masse en grammes du ballon avec des billes de verres et de la matière grasse après extraction

MG% : Teneur en lipides en grammes pour cent de matières brutes.

4. Détermination de la teneur en cendres brutes

a- Principe

Les cendres brutes sont obtenues par destruction des matières organiques à 700°C. Elles contiennent tous les éléments minéraux.

b- Mode opératoire

La capsule d'incinération vide étant déjà pesée, 2g de poudre est soumise à la température de 700°C dans un four à moufle pendant 3h. Après incinération, la capsule contenant les cendres, une fois refroidie, est de nouveau pesée.

c- Mode de calcul

La proportion des cendres brutes est obtenue à partir de la formule suivante :

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

m₀ : masse en grammes de la capsule d'incinération à vide

m₁ : masse en grammes de la capsule d'incinération munie de l'échantillon avant incinération

m₂ : masse en grammes de la capsule d'incinération munie de cendre après incinération

C% : Teneur en cendres brutes

5. Dosage des éléments minéraux

a- Mise en solution

Une fois obtenues, les cendres de l'aliment sont mises en solution avec de l'acide chlorhydrique (1ml de l'acide dans 2ml d'eau distillée). Dans cette préparation, 100mg de cendres sont utilisés. Le tout est ensuite porté sur une plaque chauffante jusqu'à apparition d'une vapeur, puis refroidi. Le volume obtenu après filtration est ramené à 100ml et constitue alors l'extrait à doser.

b. Dosage de Ca, Na, K et Mg

Pour doser le Ca, la méthode physique de spectrophotométrie d'absorption atomique de Walsh est adoptée.

- Principe

Les atomes neutres excités, dans une flamme, absorbent de l'énergie extérieure, apportée par des photons à la fréquence de certaines raies propres à l'élément considéré. Le nombre d'atomes libres est fonction de la concentration de ces éléments dans la solution à doser. L'absorption des atomes suit la loi de BEER LAMBERT.

$$DO = \log \frac{I_0}{I} \times Co \times C$$

I₀ : Intensité à l'entrée

I : Intensité à la sortie

C_o : Concentration de l'échantillon

C : Coefficient d'absorption moléculaire

- Méthode

A 100ml d'eau distillée, de l'extrait à doser préalablement dilué sont ajoutés 10ml de Lanthane à 0,2%. La solution est aspirée puis pulvérisée dans la flamme. La densité optique à longueur d'onde spécifique est rapportée sur une courbe étalon, la concentration des extraits à doser est déduite par la suite.

c- Dosage du phosphore

La méthode utilisée est celle de la colométrie du complexe phosphovanadomolybdique provenant de la réduction du molybdate d'ammonium sous l'action du métavanadate d'ammonium. Une gamme de solution de concentrations différentes est préparée à partir d'une solution mère de KH₂PO₄ et sert d'étalon. Les densités optiques sont lues à 420 nm et la quantité de phosphore est donnée par la relation :

$$P\% = \frac{n \times 100/100}{10^6 \times Pe \times P_A}$$

P% : Teneur en phosphores dans 100g d'échantillons

n : µg/l de phosphore lue sur la courbe étalon

Pe : prise d'essai en ml pour le dosage colorimétrique (**Pe**=1ml)

P_A : masse en grammes de l'échantillon minéral (**P_A** = 0,2g)

6. Caractérisation des glucides

Le taux de glucide (G%) dans l'échantillon peut être obtenu par différence entre la teneur en matières sèches et la somme de celles des protéines, lipides et cendres déjà obtenues.

$$G\% = 100 - (P\% + L\% + C\%)$$

P% : Teneur en protéines

L% : Teneur en lipides

C% : Teneur en cendres brutes

7. Dosage de l'amidon

a- Principe

Après dispersion de l'amidon dans l'acide chlorhydrique dilué, et défécation, le pouvoir rotatoire est déterminé au polarimètre. Un traitement préalable par l'éthanol est effectué pour éliminer les substances pouvant interférer en polarimétrie. La teneur en amidon (A%) est déterminée par la formule suivante :

$$A\% = \frac{(P - P') \times 100}{[\alpha]^{20^\circ C} \times B \times l}$$

P : Pouvoir rotatoire total en degré d'arc polarimétrique

P' : pouvoir rotatoire de substances optiquement actives solubles dans l'éthanol à 40%

B : masse de la prise d'essai en grammes

l : longueur du tube polarimétrique en dm (l = 2 dm)

$[\alpha]^{20^\circ C}$: pouvoir rotatoire spécifique référentiel ($\alpha = + 184^\circ$)

b- Mode opératoire

2,5g de poudre d'échantillon et 25ml d'HCl 1,128% sont agités dans une fiole jaugée de 100ml. Puis 25ml de HCl 1,128% sont ajoutés de nouveau. L'ensemble est agité avant d'être placé dans un bain marie bouillant pendant 15 min. Pendant les trois premières minutes de ce bain, le mélange est agité énergiquement pour éviter la formation d'agglomérats, 30ml d'eau distillée sont ensuite ajoutés puis la préparation est mise sous un courant d'eau froide. Le substrat refroidi est ensuite déféqué avec la solution de CARREZ II, puis le volume est ramené à 100ml avec de l'eau distillée. Le pouvoir rotatoire P est mesuré au polarimètre. Ensuite, le mélange constitué de 40ml d'éthanol 40% (v/v) et 2,5g de poudre est agité pendant 1h à la température ambiante. Il est ensuite ramené à 50ml avec l'éthanol à 40% puis homogénéisé et filtré. 2,1ml d'HCl 25% (p/p) sont additionnés. La solution est portée au bain marie bouillant pendant 15 minutes, puis refroidie. Les défécations par les solutions de CARREZ I et CARREZ II respectivement avec un volume de 5ml sont alors effectuées. Le volume est ensuite complété à 100ml avec de l'eau distillée. La solution est homogénéisée puis filtrée et son pouvoir rotatoire P est mesuré au polarimètre.

8. Dosage des fibres

La méthode utilisée est celle proposée par WEEDE

a- Principe

La méthode proposée par WEEDE, citée par ADRIAN (1995) pour la détermination de la teneur en fibres, partie glucidique indigestible ou peu digestible d'une matière alimentaire consiste à traiter l'échantillon successivement avec des solutions

bouillantes d'acide sulfurique et d'hydroxyde de potassium avant une incinération à 550°C dans le four à moufle.

b- Mode opératoire

1g d'échantillon est introduit dans un Erlenmeyer de 600ml contenant 200ml d'acide sulfurique 0,26N. Le tout est porté à ébullition durant 30 min. Le résidu est à nouveau hydrolysé avec du KOH 0,23N pendant 30min avant d'être filtré et séché à l'étuve de 103°C. Refroidi dans le dessicateur puis pesé, le poids est noté P₁. Le poids de la cendre obtenu après incinération du résidu d'hydrolyse constitue le poids P₂.

c- Mode de calcul

La teneur en fibre (FB%) de l'échantillon est donnée par la formule suivante :

$$FB\% = \frac{(P_1 - P_2)}{Pe} \times 100$$

P₁ : masse en grammes du résidu avant calcination

P₂ : masse en grammes de la cendre après calcination

Pe : masse en grammes de la prise d'essai

FB% : Teneur en fibres

ANNEXES

ANNEXE 1 : PRÉSENTATION DES ARTISANS QUI ONT PARTICIPE AUX ESSAIS D'INCORPORATION DE LA FMHQ DANS LES BEIGNETS

I. Cas d'un fabricant de *mofo gasy* d'Ankadifotsy

I.1. Description du lieu

Le local est situé à environ 100 m de l'église FJKM Ankadifotsy. Il appartient à une famille composée de trois membres. Le père de famille, **Monsieur Gilbert** est le



Figure n°25 : Fabricant de beignets traditionnels

responsable de la préparation des pâtes ainsi que de la cuisson. La mère de famille, **Madame Farasoa** et sa fille s'occupent de la mise en vente des produits finis, de la préparation du thé et du café et accueillent la clientèle. La maison comprend deux chambres assez spacieuses, l'une pour la cuisson et la préparation de la pâte et juste à côté la boutique ou la mise à l'étalage des galettes.

I.2. Salle de cuisson

Cette salle sert à préparer les pâtes et à cuire les galèttes. Pour cela, une table, un banc, une étagère sont indispensables. A l'extrémité à gauche, la famille a aménagé un petit coin pour la cuisson. Il comporte une évacuation d'air, deux moules et un poêle. La salle de cuisson est dans un état de délabrement ; le sol est en ciment, les murs ne sont pas peints et couvertes de souillures, le plafond en tuile est troué de partout. Pour la fabrication des galettes, des ustensils de cuisine sont nécessaires. La famille possède une grande bassine d'eau d'une capacité de 200 litres, deux seaux de 15 litres, une cuvette, deux plats pour mettre les galettes après la cuisson, des assiettes en aluminium et des gobelets.

I.3. Salle de mise en vente des galèttes

Cette salle est spacieuse car elle sert aussi à recevoir les clients. En général, la boutique est bien présentée pour attirer la clientèle. Les murs sont peints, l'étalage est carrelé. Le local comporte une vitrine pour l'étalage des galèttes, un coin aménagé pour rechauffer le thé et le café, une espace carrelée pour les clients.

I.4 Essai d'incorporation de la farine de manioc dans les galèttes

En collaboration avec la famille, nous avons essayé d'incorporer un pourcentage de farine de manioc dans les galettes. La famille nous a proposé de faire les essais avec le *menakely*.

I.5. Processus de fabrication du *menakely*

Avant de voir les essais effectuées, nous allons détaillé ci-dessus le processus de fabrication du *menakely* selon les propres méthodes de la père de famille.

- ☞ Prendre 1 kg de farine de blé
- ☞ Prendre $\frac{3}{4}$ kg de semoule de riz
- ☞ Prendre $\frac{1}{2}$ Kg de sucre blanc
- ☞ Prendre $\frac{1}{2}$ sachet de levure chimique
- ☞ Mélanger le tout dans un seau
- ☞ Ajouter de l'eau en petite quantité
- ☞ Tourner la pâte énergiquement dans un sens uniquement
- ☞ Verser de l'eau petit à petit
- ☞ Arrêter le pétrissage quand la pâte peut écrire un cercle sans se briser



Figure n°26 : Pétissage du pâte à *menakely*

I.6 INCORPORATION DE LA FARINE DE MANIOC HAUTE QUALITE

Trois essais ont été réalisés au sein de la famille. Dans le premier essai, nous avons substitué la farine de blé habituelle par de la farine de manioc haute qualité. Il est à noter que la **semoule de riz** doit être toujours présente dans la pâte à un teneur de **20% à 30%**. Elle permet d'obtenir une galette ferme.

* Résultats



Figure n°27 : Résultat de la cuisson du *menakely* à 85% de FMHQ

Les photos ci-dessus illustrent les résultats obtenus après la cuisson de la pâte. Nous avons constaté en premier lieu que le *menakely* à base de farine de manioc peut avoir la même forme que celui du *menakely* habituel (forme arrondi, présence de creux au centre). Toutefois, le produit absorbe beaucoup d'huile et le goût de manioc est très prononcé. Il présente une texture pâteuse qui colle aux dents. L'intérieur du produit renferme un espace libre qui aplati le produit. Pour pallier à ces défauts de texture, l'incorporation de farine de blé s'avère toujours indispensable même avec de faible quantité. D'où l'essai n°2.

Essai n°2

Dans le second essai, nous avons introduit dans la pâte initiale $\frac{3}{4}$ kg de farine de blé.



* Résultats



L'addition de la farine de blé a amélioré la texture, la couleur ainsi que la forme de la galette. Elle est identique à celle de la galette à base de farine de blé. Le goût de manioc n'est plus perçu par la langue et le produit absorbe peu d'huile. Le fabricant est satisfait.

Essai n°3

Dans ce troisième essai, la farine de blé et la farine de manioc de haute qualité sont mélangées en une même proportion. La semoule de riz est toujours présente à 20%. Le fabricant estime que c'est le moyen le plus favorable pour obtenir un meilleur produit. Les galettes obtenues sont directement mises en vente pour vérifier la réaction de la clientèle.

II. Cas d'un fabricant de mofo gasy de Mandihilaza.

II.1. Description du lieu

Située dans le quartier de Mandihilaza, la boutique de Monsieur Patrick est très connue pour la qualité du *mofo gasy* cuite à l'aide d'un moule en argile et aussi par la qualité du service. Le local approvisionne tous les jours, sept jours sur sept le quartier de Mandihilaza qui est un grand consommateur de galèttes. On y trouve trois types de galèttes : le *mofo gasy*, le *ramanonaka* et le *menakely*.

La petite entreprise de Monsieur Patrick fonctionne à l'aide d'un groupement de personnes. Monsieur Patrick est à la fois le gérant et le responsable du service clientèle dans la boutique. Deux hommes, Fano et Eric s'occupent de la préparation de la pâte et de la cuisson. Deux serveurs se succèdent pour transporter les galèttes et aident Monsieur Patrick pour le service clientèle.

Le local comprend deux chambres étroites. Au rez-de-chaussé se trouve la boutique ou la mise en vente des produits finis et à l'étage la salle de cuisson. A l'extrémité de la salle de cuisson est aménagé les moules pour la cuisson des galèttes. Trois grandes fenêtres servent d'évacuation d'air dans la salle.



Figure n°28 : Fabricant de beignets traditionnels de Mandihilaza

II.2. Processus de fabrication du mofo gasy

Selon les propres méthodes des ouvriers de Mr Patrick, la fabrication de *mofo gasy* suit les trois étapes suivantes.

Etape 1 : Préparation de la pâte et fermentation

Dans un seau :

- ☞ prendre 1,5 kg de semoule de riz
- ☞ Verser de l'eau en petite quantité : 0,5 litre
- ☞ Mélanger le tout
- ☞ Prendre 250g de ferment (semoule de riz qu'on a laissé fermenter près du feu pendant au moins 24 heures dans un récipient fermé).
- ☞ Mélanger la pâte avec le ferment
- ☞ Laisser fermenter près du feu pendant 2 heures.

Etape 2 : Finition

Dans un autre seau :

- ☞ Prendre 1kg de semoule de riz
- ☞ Verser de l'eau bouillante : 1 litre
- ☞ Verser le sucre : 0,75 kg
- ☞ Prendre de la farine de blé : 500 g
- ☞ Verser de l'eau froide jusqu'à un taux d'hydratation de 120%
- ☞ Ajouter du bicarbonate pour avoir une couleur doré des produits finis (dans 1 litre d'eau bouillante, on verse 1 cuillère à soupe de bicarbonate)

Etape 3 : cuisson

Pour la préparation et le nettoyage du moule

- ☞ Faire bouillir de l'eau dans chaque cavité du moule
- ☞ Enlever l'eau introduite dans le moule à l'aide d'une éponge
- ☞ Sécher le moule à l'aide d'un feu doux et incorporer de l'huile
- ☞ Après le réchauffement de l'huile, verser la pâte dans chaque cavité

II.3. ESSAI D'INCORPORATION DE LA FARINE DE MANIOC HAUTE QUALITE DANS LE MOFO GASY

Dans ce premier essai effectué le 18 Mars 2011, la farine de manioc est ajoutée au cours de la finition.

* Résultats



Figure 29 : Présentation du mofo gasy à 50% de FMHQ

D'une manière générale, l'addition de la FMHQ au cours de la finition n'a pas modifié l'aspect externe du *mofo gasy*. Toutefois, les fabricants observent une différence entre le *mofo gasy* habituel et ce dernier. Il n'y a pas de levé de pâte ont-il constaté. Cela est dû à la durée de fermentation qui est assez courte. Mais en général, selon leur point de vue, l'addition de la farine de manioc même avant la fermentation permet d'obtenir un bon produit accepté par les consommateurs.

II.4. PROCESSUS DE FABRICATION DU MENAKELY

Comme nous l'avons constaté, chaque fabriquant de galèttes a ses propres méthodes de fabrication. Ces divers techniques conditionnent les caractéristiques

organoleptiques des produits finis et permet aussi d'attirer et de fidéliser les consommateurs.

Selon les ouvriers de Mandihilaza, la fabrication de *menakely* suit aussi de nombreuses étapes :

- ☞ dans un seau dissoudre 1/2kg de sucre blanc dans 1 litre d'eau chaude
- ☞ Verser 3kg de farine de blé et 2 litre et demi d'eau froide
- ☞ Mélanger le tout
- ☞ prendre 500 g de levain (le même que pour la fabrication du *mofo gasy*)
- ☞ Mélanger le tout
- ☞ Prendre ½ Kg de semoule de riz et verser ½ sachet de levure chimique
- ☞ Bien mélanger tout en additionnant de l'eau en petite quantité
- ☞ La pâte est terminée lorsqu'on peut écrire un cercle sans se briser.



II.5. ESSAI D'INCORPORATION DE LA FARINE DE MANIOC DANS LE MENAKELY

Dans l'essai de fabrication du *menakely*, la farine de manioc de haute qualité est ajoutée avec la farine de blé avec des proportions égales c'est-à-dire 1,5 kg de farine de manioc et 1,5 kg de farine de blé.



Figure n°30 : Présentation du *menakely* à 50% de FMHQ

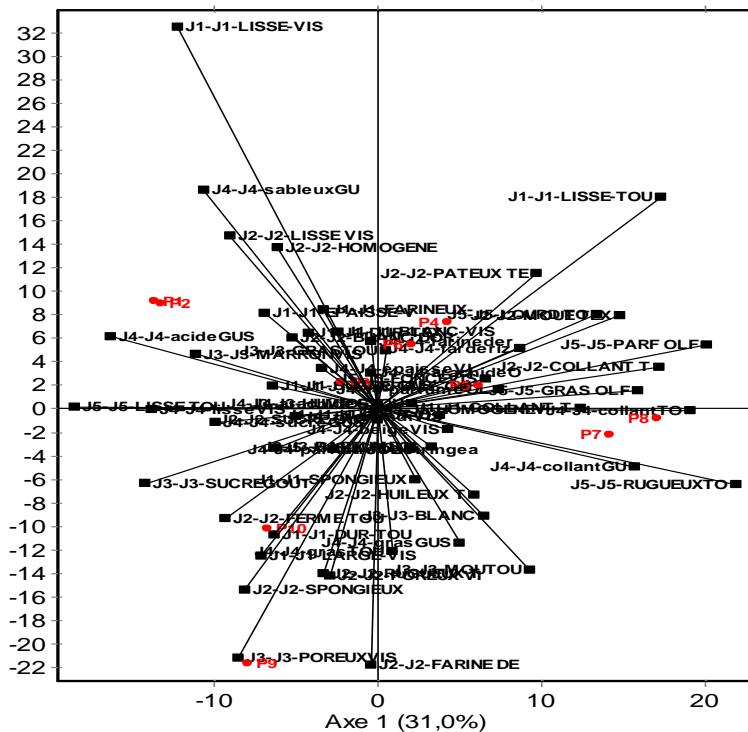
Les photos ci-dessus illustrent les résultats obtenus à partir de l'incorporation de la farine de manioc à pourcentage égal à celle de la farine de blé. Nous avons constaté que le produit présente le même aspect extérieur que celui du *menakely* standard. La clientèle a apprécié le produit et n'ont pas constaté de différence notable avec le *menakely* habituel.

ANNEXE 2 : ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DU MOFO GASY

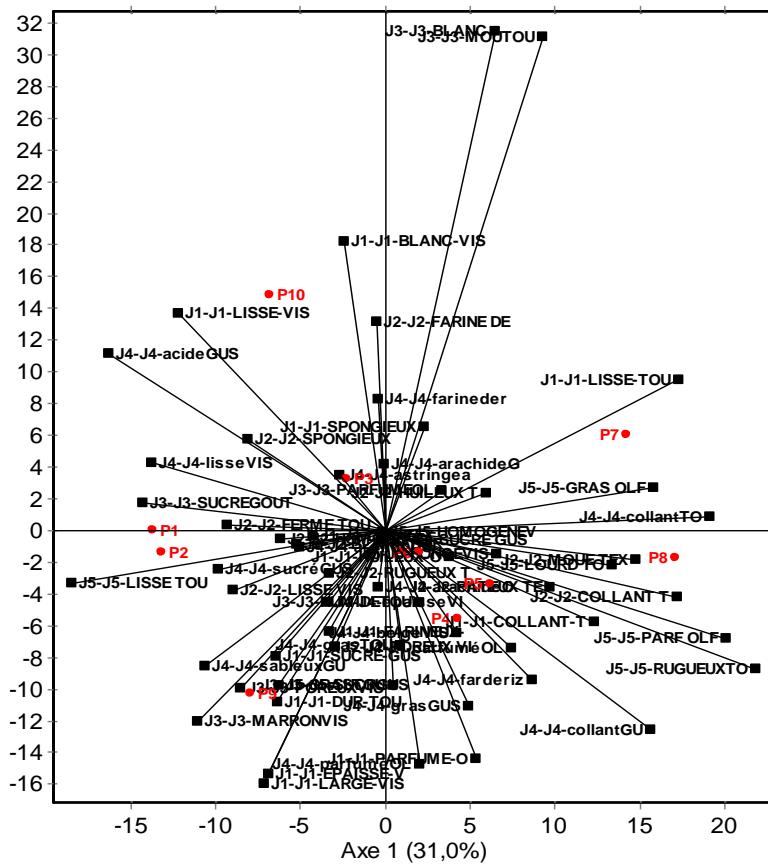
Le profil libre des produits et des descripteurs sont représentés dans les trois graphes de l'ACP suivants. La somme de la contribution à l'inertie des quatres axes principaux est de 76,7%. Dans tous les trois plans, les produits P1 et P2 sont proches. De

même pour les produits P7 et P8. Les produits P1 à 0% de FMHQ et P2 à 10% de FMHQ ont donc les mêmes caractéristiques.

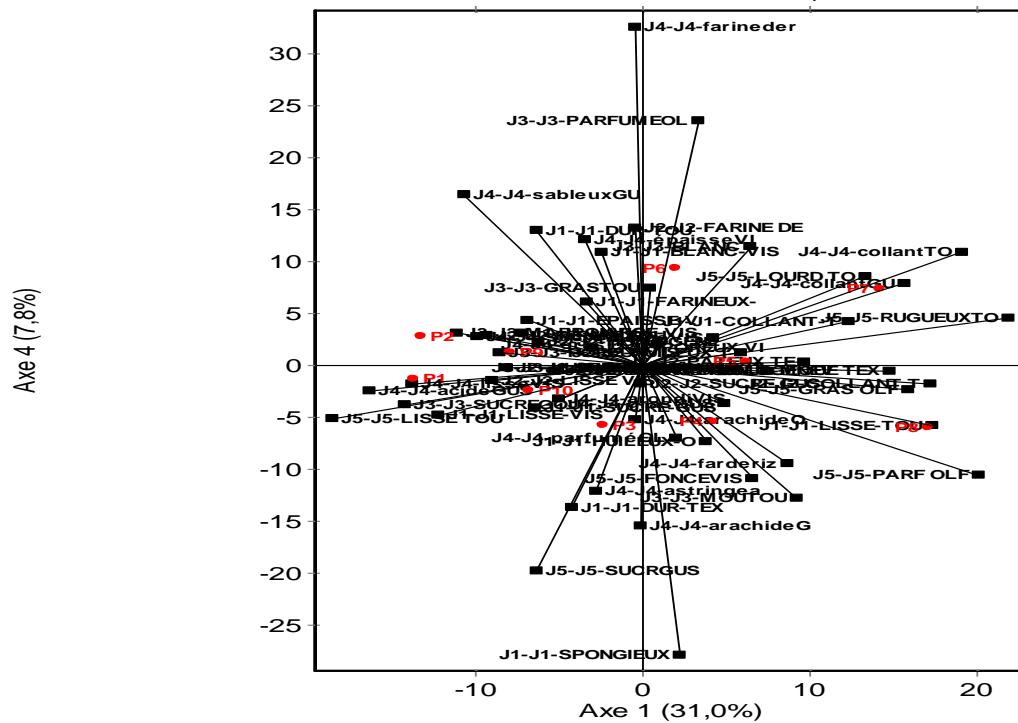
A.C.P. horizontale des moyennes (Pondération de STATIS) : profil libre comparatif
Plan 1 - 2 Constante BiPlot : 74,81069



A.C.P. horizontale des moyennes (Pondération de STATIS) : profil libre comparatif
Plan 1 - 3 Constante BiPlot : 74,81069



A.C.P. horizontale des moyennes (Pondération de STATIS) : profil libre comparatif
Plan 1 - 4 Constante BiPlot : 74,81069



Le tableau suivant montre la contribution à l'inertie lors de la création des axes principaux.

Tableau n°47 : Diagonalisation sur ACP, *mofo gasy*

No.	Valeurs propres	Contribution à l'inertie (%)	Cumul (%)
1	102,76891	30,96	30,96
2	83,78576	25,24	56,21
3	42,17474	12,71	68,92
4	25,74284	7,76	76,67
5	21,45829	6,47	83,14
6	19,78553	5,96	89,1
7	16,97411	5,11	94,21
8	12,29902	3,71	97,92
9	6,90684	2,08	100

Tableau n°48 : Position des individus principaux sur les axes principaux (*mofo gasy*)

Individu	Axe 1			Axe 2			Axe 3			Axe 4		
	Coord.	Cos.**2	Contrib.	Coord.	Cos.**2	Contrib.	Coord.	Cos.**2	Contrib.	Coord.	Cos.**2	Contrib.
P1	-13,65133	0,5718	0,18134	9,10564	0,2544	0,09896	0,00297	0	0	-1,31295	0,00529	0,0067
P2	-13,18591	0,50975	0,16918	8,97875	0,23636	0,09622	-1,41064	0,00583	0,00472	2,81733	0,02327	0,03083
P3	-2,27265	0,03081	0,00503	2,24819	0,03015	0,00603	3,19932	0,06105	0,02427	-5,81787	0,20189	0,13148
P4	4,2518	0,07476	0,01759	7,35304	0,2236	0,06453	-5,59833	0,12962	0,07431	-5,40527	0,12083	0,1135
P5	6,19229	0,19782	0,03731	1,91488	0,01892	0,00438	-3,41187	0,06005	0,0276	0,32137	0,00053	0,0004
P6	2,03459	0,02014	0,00403	5,47327	0,14573	0,03575	-1,44699	0,01019	0,00496	9,32042	0,4226	0,33745
P7	14,21623	0,54689	0,19666	-2,23877	0,01356	0,00598	5,9921	0,09716	0,08513	7,34493	0,14599	0,20957
P8	17,07419	0,68232	0,28367	-0,89649	0,00188	0,00096	-1,77984	0,00741	0,00751	-6,04783	0,08561	0,14208
P9	-7,90409	0,09693	0,06079	-21,70214	0,7307	0,56213	-10,33236	0,16563	0,25313	1,18725	0,00219	0,00548
P10	-6,75511	0,11358	0,0444	-10,23636	0,26082	0,12506	14,78564	0,54417	0,51836	-2,40738	0,01443	0,02251

Tableau n°49 : Position des variables principales sur les axes principaux (*mofo gasy*)

VARIABLE	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2									
J1-J1-BLANC-VIS	-0,033	0,16239	0,02637	0,0873	0,38795	0,15051	0,24312	0,76652	0,58755	0,14542	0,35821	0,12832
J1-J1-LARGE-VIS	-0,09584	0,40025	0,1602	-0,16701	0,62975	0,39659	-0,21386	0,57214	0,32735	0,04093	0,08555	0,00732
J1-J1-LISSE-VIS	-0,16336	0,36162	0,13077	0,43498	0,86942	0,75589	0,18341	0,26009	0,06764	-0,0633	0,07013	0,00492
J1-J1-EPAISSE-VIS	-0,09225	-	0,18079	0,10902	0,45373	0,20587	-0,20474	-	0,36546	0,05801	0,13382	0,01791

VARIABLE	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2
		0,42519						0,60454				
J1-J1-DUR-TOU	-0,08493	0,38358	0,14713	-0,14365	0,58582	-	0,34319	-0,14518	0,42003	0,17643	0,17304	0,39115
J1-J1-LISSE-TOU	0,23131	0,68622	0,47089	0,24046	0,64411	0,41488	0,12662	0,24063	0,0579	-0,07723	0,11467	0,01315
J1-J1-SPONGIEUX-T	0,03016	0,13009	0,01692	-0,08117	0,31614	-	0,09994	0,08718	0,2409	0,05804	-0,37309	0,80544
J1-J1-PARFUME-OLF	0,07187	0,30717	0,09435	0,02506	0,0967	0,00935	-0,19277	0,52778	0,27855	-0,00485	0,01036	0,00011
J1-J1-HUILEUX-OLF	0,04989	0,30304	0,09183	-0,00716	0,03927	0,00154	-0,02269	0,08828	0,00779	-0,0981	0,29821	0,08893
J1-J1-SUCRE-GUS	-0,08564	0,58978	0,34784	0,02546	0,15831	0,02506	-0,10617	0,46839	0,21939	-0,05419	0,18677	0,03488
J1-J1-FARINEUX-TE	-0,04465	0,30628	0,09381	0,11321	0,70116	0,49163	-0,08557	0,37601	0,14138	0,08109	0,27838	0,0775
J1-J1-COLLANT-TEX	0,16494	0,87546	0,76643	0,0007	0,00334	0,00001	-0,0772	-0,2625	0,06891	0,05698	0,15138	0,02291
J1-J1-DUR-TEX	-0,05669	0,30855	0,0952	0,08543	0,41983	0,17626	-0,00536	0,01869	0,00035	-0,18236	0,49674	0,24675
J2-J2-HOMOGENE VI	-0,08235	0,40699	0,16564	0,18325	0,81779	0,66878	-0,00707	0,02237	0,0005	0,03034	0,07506	0,00563
J2-J2-BLANC DORE	-0,06957	0,59315	0,35183	0,08024	0,61773	0,3816	-0,0113	0,06173	0,00381	-0,00765	0,03263	0,00106
J2-J2-LISSE VIS	-0,12036	0,54603	0,29815	0,19644	0,8047	0,64754	-0,05007	0,14551	0,02117	-0,0191	0,04336	0,00188
J2-J2-POREUX VIS	-0,0395	0,20445	0,0418	-0,19016	0,88883	0,79002	-0,09748	0,32324	0,10449	0,02237	0,05795	0,00336
J2-J2-SPONGIEUX T	-0,10871	0,48339	0,23367	-0,20596	0,82692	0,6838	0,07676	0,21866	0,04781	-0,00332	0,00738	0,00005
J2-J2-FERME TOU	-0,12443	0,70729	0,50026	-0,12433	0,63814	0,40723	0,00507	0,01847	0,00034	0,03883	0,11047	0,0122

VARIABLE	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2									
J2-J2-RUGUEUX TOU	-0,04409	0,24636	0,06069	-0,18696	0,94327	0,88975	-0,03684	0,13187	0,01739	-0,00327	0,00916	0,00008
J2-J2-MOUE TEX	0,19678	0,78607	0,61791	0,10632	0,38349	0,14707	-0,02445	0,06256	0,00391	-0,00817	0,01634	0,00027
J2-J2-PATEUX TEX	0,12983	0,65574	0,43	0,15436	0,70395	0,49554	-0,04849	0,15689	0,02461	0,00377	0,00952	0,00009
J2-J2-FARINE DE R	-0,00635	-0,0195	0,00038	-0,29218	0,81071	0,65725	0,17619	0,34685	0,12031	0,17713	0,27243	0,07422
J2-J2-COLLANT TEX	0,22973	0,81928	0,67122	0,04674	0,1505	0,02265	-0,05611	0,12818	0,01643	-0,02389	0,04264	0,00182
J2-J2-SUCRE GUS	-0,00065	0,02223	0,00049	-0,01266	0,39067	0,15263	-0,00839	0,18383	0,03379	-0,02344	0,40094	0,16075
J2-J2-HUILEUX TOU	0,0791	0,50211	0,25211	-0,09818	0,56269	0,31662	0,03094	0,12583	0,01583	0,01693	0,05377	0,00289
J3-J3-BLANC	0,08682	0,26897	0,07234	-0,12243	0,34247	0,11728	0,42106	0,83564	0,69829	0,15241	0,23632	0,05585
J3-J3-MARRONVIS	-0,14822	0,50161	0,25161	0,06146	0,1878	0,03527	-0,16137	0,34985	0,1224	0,04189	0,07095	0,00503
J3-J3-GRASTOU	0,00574	0,03641	0,00133	0,06673	0,38226	0,14612	-0,13124	0,53343	0,28454	0,09954	0,31609	0,09991
J3-J3-PARFUMEOLF	0,04441	0,2011	0,04044	-0,04339	0,17741	0,03147	0,03389	0,0983	0,00966	0,31526	0,71452	0,51053
J3-J3-POREUXVIS	-0,11354	0,38347	0,14705	-0,28325	0,86383	0,7462	-0,13279	0,28731	0,08255	0,01636	0,02765	0,00076
J3-J3-MOUTOU	0,1238	0,32956	0,10861	-0,18322	0,44041	0,19396	0,4158	0,70909	0,5028	-0,17056	0,22724	0,05164
J3-J3-SUCREGOUT	-0,1904	0,80277	0,64444	-0,08465	0,32225	0,10384	0,0231	0,06238	0,00389	-0,04998	0,10546	0,01112
J3-J3-HUMIDETOU	0,0273	0,19626	0,03852	0,00635	0,04122	0,0017	-0,06019	0,27721	0,07685	-0,0037	-0,0133	0,00018

VARIABLE	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4			
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	
J4-J4-beigeVIS	0,05662	0,51841	0,26875	-0,02359	0,19501	-	0,03803	-0,08665	0,50826	0,25832	0,03518	0,16121	0,02599
J4-J4-épaisseVIS	-0,0458	0,36795	0,13539	0,04543	0,32954	0,1086	-0,06051	0,31143	0,09699	0,16228	0,65252	0,42578	
J4-J4-lisseVIS	-0,18436	0,96628	0,9337	-0,0004	0,00191	-	0	0,05697	0,1913	0,0366	-0,02352	-0,0617	0,00381
J4-J4-arondiVIS	-0,06688	0,80428	0,64687	-0,00904	0,09813	0,00963	-0,01457	0,11225	0,0126	-0,04325	0,26034	0,06778	
J4-J4-collantTOU	0,255	0,86604	0,75003	-0,00221	0,00679	0,00005	0,01151	0,02505	0,00063	0,14513	0,24669	0,06086	
J4-J4-grasTOU	0,0118	0,06908	0,00477	-0,16217	0,85732	0,73499	-0,09695	0,36366	0,13225	0,02669	0,07822	0,00612	
J4-J4-farinederiz	-0,00526	0,01828	0,00033	0,07648	0,2401	0,05765	0,11048	0,24606	0,06055	0,43539	0,75764	0,57402	
J4-J4-parfuméOLex	0,09911	0,69757	0,48661	0,02215	0,14079	0,01982	-0,09935	0,44796	0,20066	-0,00737	0,02595	0,00067	
J4-J4-arachideOLE	-0,00567	-0,0539	0,00291	0,04079	0,34989	0,12242	-0,04748	0,28899	0,08352	-0,06996	0,33267	0,11067	
J4-J4-farderiz	0,11589	0,44013	0,19371	0,06843	0,23467	0,05507	-0,12656	0,30791	0,09481	-0,12555	0,23864	0,05695	
J4-J4-parfuméOLin	0,02664	0,1224	0,01498	-0,04589	0,19039	-	0,03625	-0,19699	0,57982	0,3362	-0,09387	0,21587	0,0466
J4-J4-sucréGUS	-0,13202	0,86975	0,75646	-0,01489	-0,0886	0,00785	-0,03331	-0,1406	0,01977	0,03777	0,12454	0,01551	
J4-J4-collantGUS	0,20917	0,79563	0,63303	-0,06649	0,22835	0,05214	-0,16791	0,40916	0,16741	0,10607	0,20193	0,04077	
J4-J4-acideGUS	-0,21772	0,83123	0,69094	0,08152	0,28102	0,07897	0,14903	0,3645	0,13286	-0,03253	0,06215	0,00386	
J4-J4-arachideGUS	-0,00093	0,00502	-	0,00003	0,00613	0,02981	0,00089	0,05569	0,19201	0,03687	-0,20607	0,55509	0,30812

VARIABLE	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2									
J4-J4-sableuxGUS	-0,142	0,43365	0,18805	0,24957	0,68816	0,47357	-0,11484	0,22467	0,05048	0,21977	0,3359	0,11283
J4-J4-astringeant	-0,0363	0,21027	0,04421	-0,04614	0,24137	0,05826	0,04597	0,1706	0,0291	-0,16159	0,46853	0,21952
J4-J4-grasGUS	0,06597	0,32138	0,10329	-0,1523	0,66996	0,44885	-0,14787	-0,4615	0,21298	-0,04876	0,11889	0,01414
J5-J5-FONCEVIS	0,08745	0,52908	0,27992	0,03373	0,18423	0,03394	-0,01966	0,07619	0,00581	-0,14478	0,43837	0,19216
J5-J5-HOMOGENEVIS	-0,00178	0,40064	0,16051	-0,00043	0,08841	0,00782	-0,00121	0,17499	0,03062	-0,00727	0,82116	0,6743
J5-J5-LISSE TOU	-0,24739	0,82187	0,67547	0,00232	0,00696	0,00005	-0,0448	0,09534	0,00909	-0,06794	0,11296	0,01276
J5-J5-LOURD TO	0,17847	0,58673	0,34426	0,10751	0,31912	0,10184	-0,02933	0,06176	0,00381	0,11385	0,18733	0,03509
J5-J5-RUGUEUXTOU	0,29212	0,80868	0,65396	-0,08665	0,21658	0,04691	-0,11679	0,20712	0,0429	0,06108	0,08463	0,00716
J5-J5-PARF OLF	0,26829	0,8275	0,68476	0,07327	0,20406	0,04164	-0,0913	0,18039	0,03254	-0,14164	0,21864	0,0478
J5-J5-GRAS OLF	0,21147	0,91083	0,82962	0,02062	0,08019	0,00643	0,03629	0,10012	0,01002	-0,03138	0,06764	0,00458
J5-J5-SUCRGUS	-0,08427	0,40871	0,16704	-0,04438	0,19434	0,03777	-0,13031	0,40488	0,16393	-0,26351	0,63967	0,40918

Tableau n° 50 : Position en coordonnées des individus et des descripteurs sur les axes principaux (*mofo gasy*)

	Coordonnées	Position des produits et des descripteurs sur les axes principales (<i>mofo gasy</i>)						
AXE 1	Positif	P8 - Toucher lisse - Texture collante - Toucher collant - rugueux - parfumé (manioc)	P7 - Texture moue - texture en bouche collante - odeur gras	P5 - texture collante - texture pâteuse - Blanc - Toucher mou - odeur parfumé (manioc) - goût farine de riz - Foncé - lourd	P4 -parfumé - huileux - gras - beige	P6 - texture - spongieuse - huileux - Parfumé - humide Parfumé		
		P1 - sucré - lisse - acide - lisse	P2 - marron - lisse - ferme	P9 - lisse - spongieux - poreux - sucré - sableux	P10 - large - épaisse - dur - sucré - homogène - blanc - doré - dur - arrondi sucré	P3 - blanc - Farineux - Poreux - Rugueux - épaisse - astringeant		
AXE 2	Positif	P5 - Parfumé - sucré - collante	P3 - collante - épaisse - foncé	P6 - marron - gras - parfumé	P2 - épaisse - farineux - lourd	P4 - moue - Blanc doré - goût acide	P1 - lisse - homogène - texture pâteuse	

	Coordonnées	Position des produits et des descripteurs sur les axes principaux (<i>mofo gasy</i>)							
		- humide - parfumé - goût arachide - lisse - odeur gras		- farine de riz				- goût sableux	
	Négatif	P8 huileux lisse arrondi collant homogène sucré beige	P7 spongieux huileux parfumé collant astringeant rugueux sucré	P10 large dur poreux ferme rugueux blanc gras	P9 spongieux goût farine de riz poreux				
AXE 3	Positif	P1 Ferme Sucré Collant Huileux Parfumé Gras	P3 lisse goût arachide	P7 astringeant goût arachide	P10 blanc lisse spongieux goût farine de riz Mou goût acide				
	Négatif	P2 dur homogène blanc doré sucré	P6 foncé	P8 huileux moue	P5 rugueux sucré lourd	P4 sucré farineux collant poreux	P9 Goût sableux rugueux large épaisse		

	Coordonnées	Position des produits et des descripteurs sur les axes principaux (<i>mofo gasy</i>)						
		arrondi					beige gras parfumé	dur parfumé marron gras poreux goût farine de riz parfumé collant gras sucré
AXE 4	Positif	P5 Texture pâteuse	P2 - beige gras large ferme sucré	P9 Homogène Ferme Gras Poreux huileux	P6 Blanc dur Farine de riz Parfumé épaisse collant farine de riz goût sableux lourd	P7 Epaisse farineux collant marron gras collant rugueux		
	Négatif	P1 parfumé blanc doré spongieux rugueux moue	P10 Lisse Collant Sucré Lisse Acide	P4 Lisse sucré Arrondi odeur arachide Lisse	P3 Sucré Odeur arachide Lisse Huileux	P8 Spongieux Dur Mou Farine de riz Parfumé		

	Coordonnées	Position des produits et des descripteurs sur les axes principaux (<i>mofo gasy</i>)						
		humide parfumé homogène	Gras			Odeur arachide Astringeant Foncé Parfumé Sucré		
AXE 5	Positif	P10 Blanc Lisse Poreux Sucré Arrondi	P6 Parfumé Collant Ferme Rugueux	P4 Rugueux	P3 Epaisse Odeur arachide	P5 Gras Sucré Astringeant Goût arachide Humide Gras Homogène Dur		
	Négatif	P9 Lisse Spongieux Homogène	P7 Pâteux Blanc Sableux parfumé	P1 Large Blanc doré Pâteux Farine de riz Huileux Blanc Poreux Beige Lisse Collant Gras	P2 Spongieux Farineux Gras Farine de riz sucré Acide Lisse	P8 Epaisse Huileux Sucré Dur Mou Collant Marron Parfumé sucré Foncé Lourd		

ANNEXE 3 : ACP MENAKELY**Tableau n°51 :** Position des individus principaux sur les axes principaux (*menakely*)

INDIVIDU	%FMHQ	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
		Coord.	Cos.**2	Contrib.									
P1	0	16,84843	0,65611	0,31493	1,53419	0,00544	0,00402	-8,24014	0,15694	0,16575	-3,30159	0,02519	0,04121
P2	15	8,30539	0,25884	0,07653	-1,13303	0,00482	0,00219	-8,22855	0,25407	0,16528	7,03931	0,18594	0,18732
P3	25	-0,80575	0,00294	0,00072	-2,21744	0,02226	0,00839	-1,65395	0,01238	0,00668	-9,0049	0,36711	0,30654
P4	50	6,36527	0,14401	0,04495	-6,48979	0,1497	0,07188	10,29641	0,37683	0,25879	1,5002	0,008	0,00851
P5	60	-11,4455	0,40467	0,14533	-7,54795	0,17599	0,09723	-1,55374	0,00746	0,00589	8,98584	0,24943	0,30525
P6	75	-16,3335	0,61422	0,29598	-6,61777	0,10083	0,07474	-3,43737	0,0272	0,02884	-6,11229	0,08602	0,14123
P7	A1	-8,72194	0,14659	0,0844	20,77632	0,83182	0,73665	0,53803	0,00056	0,00071	1,50252	0,00435	0,00853
P8	A2	5,7876	0,12076	0,03716	1,69547	0,01036	0,00491	12,27932	0,54358	0,36806	-0,60911	0,00134	0,0014

Tableau n°52 : Position des variables principales sur les axes principaux (*menakely*)

VARIABLES	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2									
J1-J1-VIS-DORE	-0,07905	-0,7291	0,53159	0,00338	0,02511	0,00063	-0,08389	0,52158	0,27204	0,03201	0,15992	0,02558
J1-J1-VIS-GROS	-0,04597	-0,1825	0,03331	-0,09836	0,31482	0,09911	0,33441	0,89498	0,80099	-0,07966	0,17131	0,02935
J1-J1-TOU-MOU	0,31143	0,81738	0,66811	0,19247	0,4073	0,1659	0,13323	0,23574	0,05557	0,141	0,20048	0,04019
J1-J1-SON-CRAQUAN	-0,26705	0,84407	0,71246	-0,17105	-0,4359	0,19001	-0,01378	0,02936	0,00086	-0,09255	0,15847	0,02511
J1-J1-GUST-SUCRE	-0,16054	0,67564	0,45648	0,19448	0,6599	0,43547	-0,0124	0,03519	0,00124	-0,09097	0,20741	0,04302

VARIABLES	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2
J1-J1-TEXT-RUGUEU	-0,05308	-0,296	0,08762	0,20089	0,90325	0,81587	0,04864	0,18285	0,03344	0,05087	0,15367	0,02362
J1-J1-TOU-HUILEUX	0,00559	0,02466	0,00061	-0,03478	0,12381	-	0,01533	0,25146	0,74836	0,56004	-0,21325	0,50997
J1-J1-GUST-PARFUM	-0,137	-	0,53042	0,28134	0,08843	0,27606	0,07621	-0,0169	0,04411	0,00195	0,2789	0,58498
J2-J2-VOLUMINEUX	-0,03607	0,27875	-	0,0777	0,09912	0,61763	0,38147	0,06222	0,32417	0,10509	0,05713	0,23919
J2-J2-FONCE VIS	0,14482	0,67679	0,45804	0,03756	0,14153	0,02003	0,15032	0,47358	0,22428	-0,13338	0,33766	0,11401
J2-J2-DUR TOU	-0,12291	0,52595	0,27663	0,15894	0,54836	0,3007	-0,01086	0,03132	0,00098	-0,03976	0,09217	0,0085
J2-J2-LOURD TOU	-0,10595	0,45791	0,20969	0,21838	0,76097	0,57908	-0,04602	0,13409	0,01798	0,0232	0,05432	0,00295
J2-J2-CASSANT TOU	-0,11891	0,41964	0,1761	-0,18497	0,52632	0,27701	-0,2161	0,51414	0,26434	0,14157	0,27066	0,07326
J2-J2-HUILEUX TOU	0,01172	0,06206	0,00385	-0,18439	0,78693	0,61926	-0,10789	-0,385	0,14822	-0,02411	0,06913	0,00478
J2-J2-GRAS OLF	-0,186	-	0,64438	0,41523	-0,11939	0,33349	-	0,11122	-0,18606	0,43458	0,18886	0,18443
J2-J2-PARFUMEE OL	-0,13309	-	0,61086	0,37315	0,03936	0,14565	0,02121	0,20637	0,63857	0,40778	0,14446	0,35919
J2-J2-GRILLE OLF	0,20299	0,6786	-	0,4605	-0,13825	0,37264	-	0,13886	0,1312	0,2957	0,08744	0,20929
J2-J2-CROQUANT SO	-0,04364	-	0,21234	0,04509	0,04435	0,17399	0,03027	0,16655	0,54638	0,29853	0,04093	0,10789
J2-J2-SUCRE GUST	-0,04407	0,44331	-	0,19652	0,07153	0,58016	0,33659	0,02945	0,19971	0,03988	0,07599	0,41409
J3-J3-doré VIS	-0,04615	-	0,43631	0,19036	-0,10788	0,82231	0,67619	-0,03561	0,22699	0,05152	-0,00807	0,04133
J3-J3-mie cru VIS	0,04259	0,27232	-	0,07416	0,18078	0,932	0,86863	-0,03771	-	0,02642	-0,02814	-
												0,0095

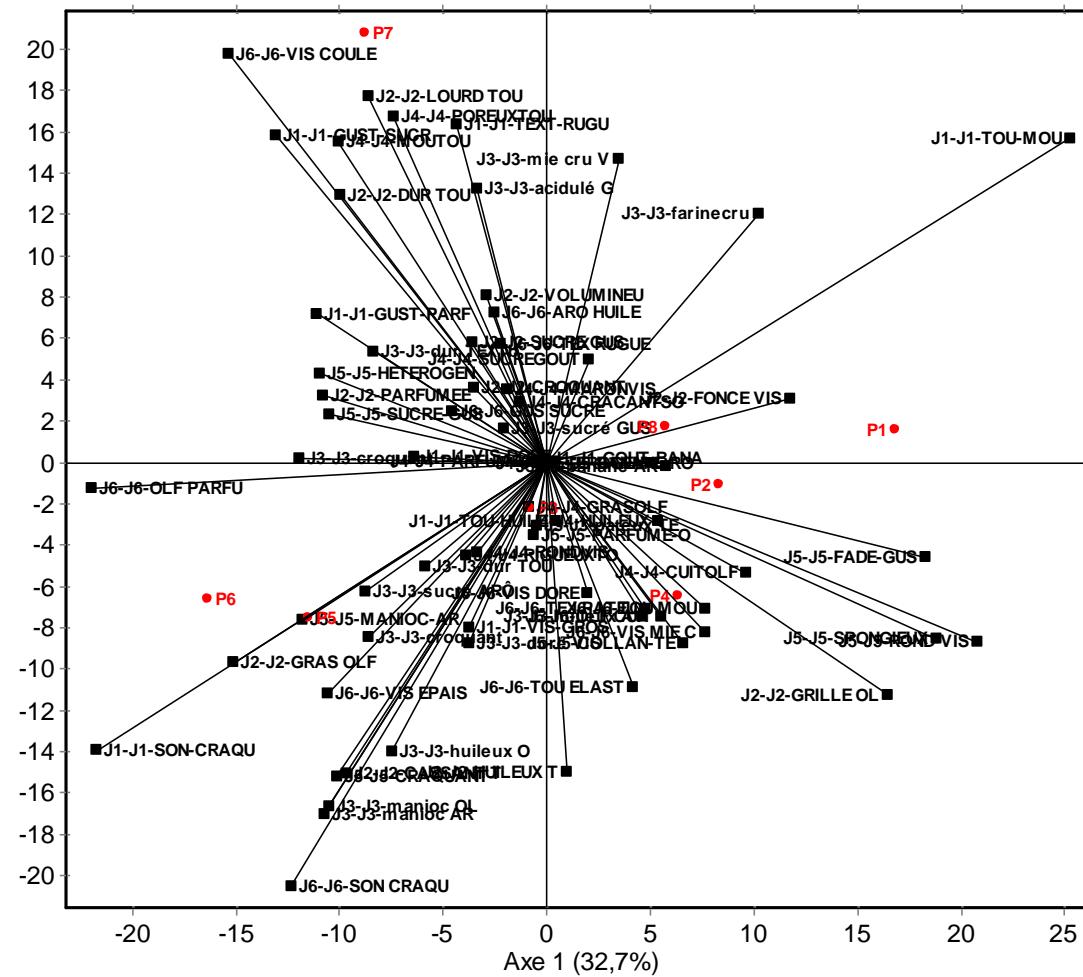
VARIABLES	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2									
							0,16254			0,09749		
J3-J3-croquant TO	-0,10598	0,56698	0,32147	-0,10456	0,45099	0,20339	0,07988	0,28809	0,08299	-0,06208	0,17991	0,03237
J3-J3-dur TOU	-0,07252	0,41611	0,17314	-0,06214	0,28748	0,08264	0,05838	0,22586	0,05101	-0,17782	0,55277	0,30555
J3-J3-farinecru O	0,12605	0,67318	0,45317	0,14759	0,63556	0,40394	-0,01547	0,05569	0,0031	-0,07925	-0,2293	0,05258
J3-J3-manioc OLex	-0,12928	-0,5528	0,30559	-0,20448	-0,705	0,49702	0,10073	0,29037	0,08432	-0,08171	0,18928	0,03583
J3-J3-huileux OLe	-0,09172	0,43668	0,19069	-0,17231	0,66147	0,43754	0,15849	0,5087	0,25878	-0,09288	0,23957	0,05739
J3-J3-huileux ARÔ	0,05656	0,51614	0,2664	-0,092	0,67691	0,45821	0,07138	0,43911	0,19282	-0,05551	-0,2744	0,0753
J3-J3-manioc ARÔ	-0,13203	-0,5421	0,29387	-0,20978	-0,6945	0,48233	0,03957	0,10953	0,012	-0,06655	0,14802	0,02191
J3-J3-banane ARÔ	0,07126	0,61377	0,37671	-0,00275	0,01907	0,00036	0,04446	0,25813	0,06663	0,00492	0,02297	0,00053
J3-J3-sucré ARÔ	-0,10751	0,67575	0,45664	-0,07709	0,39071	0,15265	-0,00053	0,00224	0,00001	0,0849	0,28909	0,08357
J3-J3-dur TEXTbou	-0,10314	0,62564	0,39142	0,06595	0,32252	0,10402	0,05095	0,20833	0,0434	-0,06035	0,19831	0,03933
J3-J3-pateux TEXT	-0,00545	0,08557	0,00732	-0,0374	0,47364	0,22434	-0,05907	0,62548	0,39123	0,00944	0,08032	0,00645
J3-J3-sucré GUS	-0,02508	-0,5192	0,26957	0,0201	0,3355	0,11256	-0,01827	0,25506	0,06505	0,03995	0,44809	0,20079
J3-J3-acidulé GUS	-0,0412	0,29072	0,08452	0,16259	0,92492	0,85548	0,00587	0,02792	0,00078	0,03105	0,1187	0,01409
J3-J3-croquant SO	-0,14698	0,78927	0,62295	0,0022	0,00953	0,00009	0,12164	0,44034	0,1939	-0,09833	0,28603	0,08181
J4-J4-MARONVIS	-0,02351	-0,3672	0,13483	0,04364	0,54947	0,30192	-0,00419	-	0,00195	-0,05189	-	0,19268

VARIABLES	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2									
									0,04411			0,43896
J4-J4-RONDVIS	-0,04176	0,22119	0,04892	-0,05343	0,22815	0,05205	0,06617	0,23628	0,05583	-0,26014	0,74638	0,55708
J4-J4-HETEROGENEV	0,06249	0,74528	0,55544	-0,00048	0,00465	0,00002	-0,05769	0,46386	0,21516	-0,00919	0,05935	0,00352
J4-J4-MOUTOU	-0,12367	0,40478	0,16385	0,19131	0,50488	0,25491	-0,1447	0,31929	0,10195	-0,18829	0,33386	0,11147
J4-J4-POREUXTOU	-0,09124	0,38958	0,15177	0,20577	0,70838	0,5018	-0,0745	0,21445	0,04599	0,00268	0,00619	0,00004
J4-J4-HUILEUX	0,06607	0,23974	0,05747	-0,03503	0,10247	0,0105	-0,13347	0,32649	0,10659	-0,20506	0,40306	0,16245
J4-J4-RIGUEUXTOU	-0,04776	0,58348	0,34045	-0,05508	0,54255	0,29436	-0,00756	0,06228	0,00388	-0,05166	0,34189	0,11689
J4-J4-SUCREGOUT	0,02536	0,32395	0,10494	0,06153	0,63383	0,40175	-0,04828	-0,4158	0,17289	0,0494	0,34188	0,11688
J4-J4-CUITOLF	0,11854	0,34026	0,11578	-0,06549	0,15156	0,02297	0,46902	0,90761	0,82375	0,0317	0,0493	0,00243
J4-J4-PARFUMEOLF	0,00343	0,61561	0,37897	0,00075	0,10894	0,01187	0,00135	0,16282	0,02651	-0,00202	0,19633	0,03855
J4-J4-GRASOLF	-0,01025	0,16472	0,02713	-0,02705	0,35056	0,12289	-0,00315	0,03409	0,00116	-0,06376	0,55524	0,3083
J4-J4-CRACANTSON	-0,01653	0,15008	0,02253	0,03572	0,26146	0,06836	0,10502	0,64278	0,41317	-0,07311	0,35956	0,12928
J5-J5-HETEROGENE-	-0,13522	0,77625	0,60256	0,05323	0,24638	0,0607	-0,05567	0,21545	0,04642	-0,14388	0,44746	0,20022
J5-J5-SUCRE-GUS	-0,129	0,83035	0,68948	0,02891	0,15001	0,0225	-0,025	0,10849	0,01177	0,06723	0,23441	0,05495
J5-J5-ROND-VIS	0,25623	0,88157	0,77716	-0,10704	0,29694	0,08817	0,00056	0,00131	0	0,12977	0,24187	0,0585
J5-J5-SPONGIEUX-T	0,23198	0,77984	0,60815	-0,10483	0,28414	0,08074	-0,13356	0,30269	0,09162	-0,11138	0,20284	0,04114

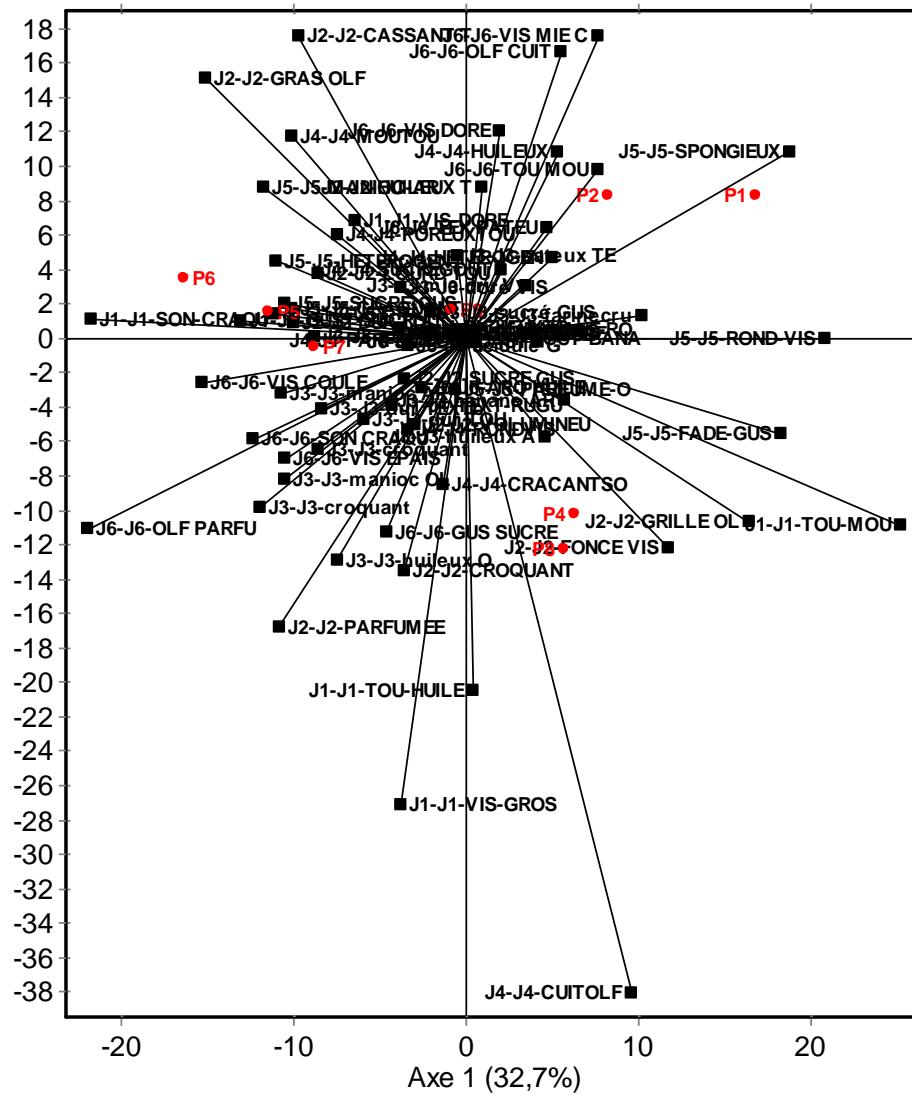
VARIABLES	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2									
J5-J5-CRAQUANT-SO	-0,12481	0,38769	0,1503	-0,18747	0,46953	0,22046	-0,02061	0,04315	0,00186	0,3993	0,67193	0,45149
J5-J5-MANIOC-AROM	-0,1446	0,57779	0,33384	-0,09365	0,30171	0,09103	-0,1084	-0,292	0,08526	-0,17084	0,36982	0,13676
J5-J5-BANANE-ROM	-0,00463	-0,0939	0,00882	-0,00077	0,01266	0,00016	-0,00582	0,07946	0,00631	0,06406	0,70304	0,49427
J5-J5-FADE-GUS	0,22489	0,74683	0,55775	-0,05614	0,15033	0,0226	0,0682	0,15268	0,02331	-0,1259	0,22649	0,0513
J5-J5-COLLAN-TEXT	0,08115	0,49146	0,24153	-0,10824	0,52856	0,27938	-0,00466	0,01901	0,00036	-0,03521	0,11552	0,01334
J5-J5-PARFUME-ODE	-0,00769	0,08418	0,00709	-0,04355	0,38434	0,14771	0,03648	0,26921	0,07247	0,06374	0,37796	0,14286
J6-J6-VIS EPAIS	-0,12964	0,64306	0,41352	-0,13802	0,55198	0,30468	0,08608	0,28784	0,08285	-0,14859	0,39927	0,15942
J6-J6-VIS DORE	0,02404	0,11394	0,01298	-0,07825	0,29907	0,08944	-0,14757	0,47157	0,22238	-0,06527	0,16761	0,02809
J6-J6-VIS MIE CRU	0,09431	0,41446	0,17177	-0,10173	0,36044	0,12992	-0,21665	0,64184	0,41196	0,0168	0,04	0,0016
J6-J6-VIS COULEUR	-0,1888	0,60145	0,36174	0,2428	0,62365	0,38894	0,03186	0,06842	0,00468	-0,12829	0,22141	0,04902
J6-J6-OLF CUIT	0,06791	0,33215	0,11032	-0,09196	0,36263	0,1315	-0,20447	0,67416	0,45449	-0,13049	0,34571	0,11952
J6-J6-OLF PARFUME	-0,27068	0,90135	0,81243	-0,01496	0,04018	0,00161	0,1364	0,3062	0,09376	0,0835	0,15064	0,02269
J6-J6-TOU MOU	0,09433	0,49971	0,24971	-0,08738	0,37319	0,13927	-0,12044	0,43013	0,18502	0,03159	0,09064	0,00822
J6-J6-SON CRAQUAN	-0,15185	0,55388	0,30678	-0,2529	0,74377	0,55319	0,07249	0,17826	0,03178	0,09804	0,19373	0,03753
J6-J6-TOU ELASTIQ	0,05123	0,34481	0,1189	-0,1336	0,72504	0,52569	0,00254	0,01153	0,00013	-0,03026	0,11034	0,01218

VARIABLES	AXE 1			AXE 2			AXE 3			AXE 4		
	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2	V. PROP.	Coord.	Corr.** 2
J6-J6-TEX PATEUX	0,05854	0,31703	0,10051	-0,08756	-	0,38232	0,14617	-0,07943	-0,29	0,0841	-0,25087	0,73598
J6-J6-TEX RUGUEUX	-0,02739	0,18858	0,03556	0,07037	0,39068	0,15263	-0,00229	0,01061	-	0,00011	0,05594	0,20865
J6-J6-GUS SUCRE	-0,05664	0,34673	0,12022	0,03034	0,14975	0,02242	0,13821	0,57044	0,32541	0,12239	0,40589	0,16475
J6-J6-ARO HUILEUX	-0,03081	0,28038	0,07861	0,08954	0,65707	0,43173	0,03565	0,21875	0,04785	-0,00507	-0,025	0,00062

A.C.P. horizontale des moyennes (Pondération de STATIS) : profil libre comparatif
Plan 1 - 2 Constante BiPlot : 81,24080

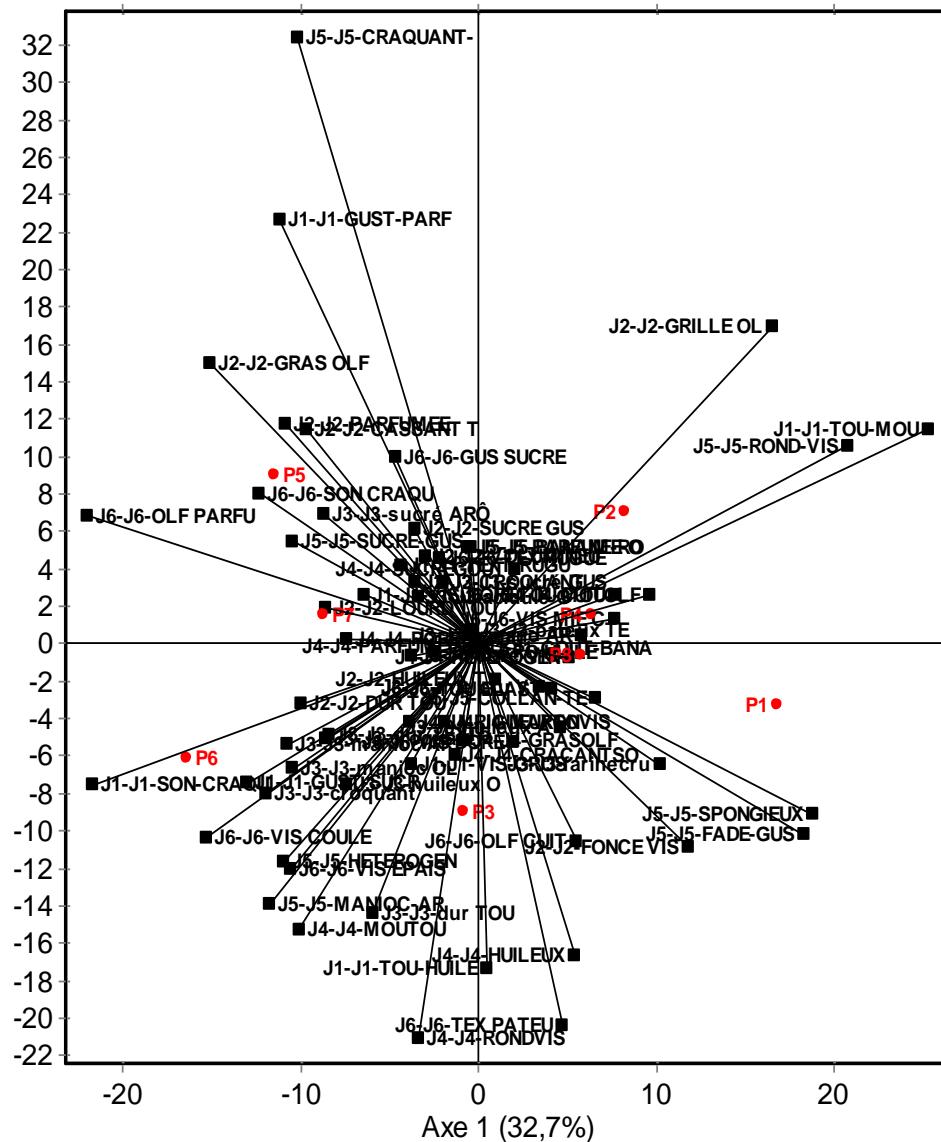


A.C.P. horizontale des moyennes (Pondération de STATIS) : profil libre comparatif
Plan 1 - 3 Constante BiPlot : 81,24080



A.C.P. horizontale des moyennes (Pondération de STATIS) : profil libre comparatif

Plan 1 - 4 Constante BiPlot : 81,24080



❖ Liste des descripteurs obtenus

Tableau n°53 : Liste des descripteurs du *mofo gasy*

	DESCRIPTEURS
VISUEL	<ul style="list-style-type: none"> - blanc - arrondi - lisse - homogène - poreux - épaisse - arrondi
TOUCHER	<ul style="list-style-type: none"> - huileux - Rugueux - ferme - lisse - gras - collant - dur - mou
TEXTURE	<ul style="list-style-type: none"> - Pâteux - collant - farineux - spongieux
GOUT	<ul style="list-style-type: none"> - sucré - sableux - gras - acide - astringeant
ODEUR	<ul style="list-style-type: none"> - parfumé - gras

ANNEXE 4 : DETAILS DES CALCULS SUR LES MARGES BENEFICIAIRES DES PRODUITS

Etude 1 : Cas du ramanonaka

1. Matériels pour fabrication du ramanonaka

Tableau n°54 : Liste des matériels pour la fabrication du ramanonaka

Matériels	Nbre	PU	Montant	durée de vie	Amortissement
Moule	1	25000	25000	2	12500
Spatule	1	2000	2000	1	2000
Tsipaiko	2	500	1000	1	1000
Seaux	3	2000	6000	1	6000
Copy	2	1000	2000	1	2000
Huilage	1	1000	1000	1	1000
Plat	2	1500	3000	1	3000
				TOTAL	27500

2. Chronogramme de fabrication du ramanonaka

Tableau n°55 : Chronogramme de fabrication du ramanonaka

	Nb de cuisson	Nb de cuisson par unité	Nb de trou	Qté de beignets/j
6h-8h	2	6	20	240
8h-10h	2	6	20	240
15h30-19h	3	6	20	360
TOTAL	7	18		840

3. Quantité de bois de chauffe par jour

Tableau n°56 : Quantité de bois de chauffe par jour

Nombre de cuisson	Quantité de bois de chauffe
1 cuisson	1Kg
7 cuissons	7kg

4. Besoins en matières premières par unité et par an

Tableau n°57 : Besoins en matières premières par an, ramanonaka à 0% FMHQ

	Proportion/unité	Nb de cuisson/j	Qté/j	Nb de jour	Qté/an
Semoule de riz (g)	800	7	5600	300	1680000
Farine de blé (g)	200	7	1400	300	420000
FMHQ (g)	-	7	-	300	-
Sucre (g)	200	7	1400	300	420000
Sel (g)	20	7	140	300	42000
Eau (ml)	2750	7	19250	300	5775000
Huile (litre)	0,2	7	1,4	300	420
Bois de chauffe (kg)	1	7	7	300	2100

1 cuisson : cuisson des 1000g de pâtes

Tableau n°58 : Besoins en matières premières par an, *ramanonaka* à 50% FMHQ

	Proportion/unité	Nb de cuisson/j	Qté/j	Nb de jour	Qté/an
semoule de riz	500	7	3500	300	1050000
Farine de blé	-	7	-	300	-
FMHQ	500	7	3500	300	1050000
Sucre	200	7	1400	300	420000
Sel	20	7	140	300	42000
Eau (ml)	2750	7	19250	300	5775000
Huile (litre)	0,2	7	1,4	300	420
Bois de chauffe (kg)	0,75	7	5,25	300	1575

Etude 2 : Cas du *menakely*

1. Matériels pour fabrication du *menakely*

Tableau n°59 : Liste des matériels pour la fabrication du *menakely*

Matériels	Nbre	PU	Montant	durée de vie	Amortissement
Poèle	1	4000	4000	1	4000
Spatule	1	2000	2000	1	2000
Tsipaiko	2	500	1000	1	1000
Seaux	3	2000	6000	1	6000
Kopy	2	1000	2000	1	2000
Plat	2	1500	3000	1	3000
				TOTAL	18000

2. Besoins en matières premières

Tableau n°60 : Besoins en matières premières par an, *menakely* standard

	Proportion/unité	Qté totale	Qté/j	Nb de jour	Qté/an
Farine de blé (g)	800	3	2400	300	720000
Semoule de riz (g)	200	3	600	300	180000
FMHQ (g)	-	3	-	300	-
Sucre (g)	200	3	600	300	180000
Levure chimique (g)	3	3	9	300	2700
Eau (ml)	500	3	1500	300	450000
Huile (litre)	2			300	600
Bois de chauffe	10			300	3000
Mains d'œuvre	1			300	
TOTAL mofo	58	3	174	300	52200

Tableau n°61 : Besoins en matières premières par an, menakely A 50% de FMHQ

	Proportion/unité	Qté totale	Qté/j	Nb de jour	Qté/an
Farine de blé (g)	350	3	1050	300	315000
Semoule de riz (g)	150	3	450	300	135000
FMHQ (g)	500	3	1500	300	450000
Sucre (g)	200	3	600	300	180000
Levure chimique (g)	3	3	9	300	2700
Eau (ml)	500	3	1500	300	450000
Huile (litre)	2			300	600
Bois de chauffe	10			300	3000
Mains d'œuvre	1			300	
TOTAL mofo	61	3	183	300	54900

Tableau n°62 : Besoins en main d'œuvre de l'usine FAR'MAN

TYPE	NOMBRE
a. Technique	
Chef de production	1
Technicien	1
Ouvriers qualifiés	3
Manœuvres	5
b. Administratif	
Gérant	1
Vendeur	1
Secrétaire-comptable	1
Chauffeur	1
Gardiens	3



Intitulé	: Farine de Manioc de Haute Qualité et son incorporation dans les beignets traditionnels malagasy
Auteur	: Mlle Ranja Nirina RANDRIANARISON
Promotion	: VONA 2006 - 2011
E-mail	: r.ranjanirina@gmail.com

Famintinana

Ity asa ity dia miompana tanteraka aminy fanomezan-danja ny vokatra azo avy amin'ny mangahazo. Fantatra fa ny voly mangahazo dia mitana anjara toerana lehibe amin'ny sehatry ny fambolena eto Madagasikara. Ny fanomezan-danja @ alalany fanodinana azy anefa dia mbola azo lazaina fa tsy misongadina. Ny Koba Mangahazo Ambony Kalitao (KMAK) no fomba ankiray azo entina manatratra izany tanjona izany, izay niarahana tamin'ny FOFIFA, ny IITA ary ny CFC/FAO. Ny fampidirana io koba io ao anaty mofo gasy, ramanonaka ary menakely no tranga entina hanandramana izany ao anatin'ity asa ity. Maro ny fitiliana natao mba ahafahana mijery ny fiovana mety mitranga amin'ny fampidirana ny akora vaovao ao amin'ny mofo. Tao aorinan'ny fampanandramana ny mofo tamin'ny olona voatokana ho an'izany dia tsapa fa manan-tombo kokoa ny tsiron'ny ramanonaka sy ny menakely misy 50% KMAK. Hita arak'izany fa ireo mofo misy 50% KMAK ireo no ankafizin'ny mpanandrana kokoa noho ny efa mahazatra. Ny mofo gasy misy KMAK mahaotra ny 30% kosa dia tsy nankafizin'ny mpanandrana. Misy anefa ny vaha-olana azo aroso hanatsarana io vokatra tsy nety io. Manatombo kokoa ny hery ilain'ny vatana ho entin'ny mofo misy 50% KMAK. Mitombo 17,3% ny mason-karena azo avy amin'ny ramanonaka misy 50% KMAK ary 14,2 % kosa ny an'ny Menakely. Tsapa araka izany fa nahitana tombony ho an'ny mpivarotra mofo gasy ity asa fikarohana ity satria sady tian'ny mpanjifa ny mofo, mety ho an'ny fahasalam'an'ny mponina ary mampitombo ny mason-karena ny mpivarotra.

Teny hidy: Mangahazo, KMAK, mofo gasy, ramanonaka, menakely

Résumé

Etant le deuxième produit de base de nourriture des Malagasy après le riz, le manioc n'est pas assez valorisé en termes de transformation. Dans le cadre du partenariat du centre de recherche malagasy FOFIFA et les organismes CFC/FAO et IITA, le produit fini labellisé Farine de Manioc de Haute Qualité (FMHQ) a été proposé pour être incorporé dans la formulation des beignets traditionnels malagasy. La présente étude a pour objectif de valoriser cette farine dans les cas de *mofo gasy*, *ramanonaka* et *menakely*. Des essais de fabrication ont été effectués simultanément dans le laboratoire du FOFIFA et auprès des commerçants des beignets. Des tests sensoriels et analyses physico-chimiques ont été organisés dans les laboratoires. Ces études ont permis d'évaluer les effets de l'incorporation de la FMHQ sur les caractéristiques organoleptiques des *beignets* et sur l'acceptabilité des dégustateurs. La qualité organoleptique des *menakely* et *ramanonaka* à 50 % de FMHQ évaluée par analyse sensorielle a été jugée supérieure par rapport à celle des produits témoins. A ce taux d'incorporation, le *menakely* et *ramanonaka* sont appréciés par les dégustateurs. Avec un taux d'incorporation de FMHQ supérieur à 30 %, les résultats du test d'acceptabilité du *mofo gasy* sont jugés négatifs. Ce beignet est moins apprécié par les dégustateurs. Sur le plan nutritionnel, l'incorporation de FMHQ dans les beignets a augmenté la valeur énergétique globale des produits, malgré la faible teneur en protéine du manioc. Sur le plan financier, la marge bénéficiaire du *menakely* augmente de l'ordre de 14,2 % tandis que celle de *ramanonaka* connaît 17,3 %. Une fois l'acceptabilité est gagnée, la valorisation de la FMHQ pourrait non seulement contribuer à l'augmentation du revenu des commerçants de beignets, mais aussi et surtout à l'amélioration de niveau de vie des acteurs autour de la filière manioc.

Mots clés : manioc, FMHQ, *mofo gasy*, *ramanonaka*, *menakely*

Abstract

Cassava is the second staple food after rice for Malagasy people but is not sufficiently valued in terms of transformation. Within a collaboration between Malagasy research center FOFIFA and CFC/FAO and IITA organizations, a finished product labelled HQCF (High Quality Cassava Flour) has been proposed to be incorporated in the formulation of traditional Malagasy doughnuts. This study aims to promote the use of this flour in making *mofo gasy*, *ramanonaka* and *menakely*. Experimentation were conducted simultaneously in the laboratory of FOFIFA and merchants of doughnuts. Several technical studies, sensory tests and physico-chemical analysis of products were conducted in laboratories. These studies have evaluated the effects of incorporation of HQCF on doughnuts. The organoleptic quality of *menakely* and *ramanonaka* at 50% HQCF evaluated by sensory analysis was found to be superior compared to test products. At this rate of incorporation, the *menakely* and *ramanonaka* are appreciated by the tasters. With a rate of incorporation of HQCF above 30%, the result of acceptability test of *mofo gasy* are considered negative. This doughnut is less appreciated by the tasters. Nutritionally, the incorporation of 50 % HQCF in doughnut increased the global energetic value of the products, despite the low proportion of protein in cassava. Financially, the profit margin increases of around 14,2 % for *menakely* and about 17.3 % for *ramanonaka*. After the acceptance is gained, the value of HQCF will help not only to increase the income of doughnuts traders, but above all to improve living standards of stakeholders in the cassava sector.

Keywords: Cassava, HQCF, *mofo gasy*, *ramanonaka*, *menakely*