

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN  
Paix - Travail - Patrie

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR

UNIVERSITÉ DE NGAOUNDERE



REPUBLIC OF CAMEROON  
Peace - Work - Fatherland

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

UNIVERSITY OF NGAOUNDERE



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRO-  
INDUSTRIELLES

NATIONAL SCHOOL OF AGRO-INDUSTRIAL SCIENCES

Division des Affaires Académiques, de la Coopération, de la Recherche et de la  
Scolarité

Service des stages et de la formation continue

B.P:455 – Ngaoundéré. CAMEROUN

Tel: 77 78 38 40 / 22 16 65 00 / 22 16 65 10

## Mémoire de fin d'études

### En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Industries Agricoles et Alimentaires

**Evaluation de l'efficacité technologique des  
pratiques de transformation paysanne du  
manioc en *bobolo***

*Stage effectué au GIC OTRTM et au Laboratoire Physico-Chimie Alimentaire de  
l'ENSAI de Ngaoundéré  
Du 9 juin au 29 septembre 2014*

*Par*

**MONTHE POUDEU Orissa Charlène**

*Licence ès Sciences : Option biochimie  
Matricule : 111075EN*

**Encadreur industriel:**

**Mr NANGA Théodile Landry  
Délégué du GIC OTRTM**

**Encadreurs académiques:**

**Pr. NDJOUENKEU Robert  
Professeur Titulaire  
Dr NGUIMBOU Richard Marcel  
Chargé de Cours**

*Année académique 2013 - 2014*

# **DEDICACE**



# SPONSORING



Ce travail est réalisé au sein de l'équipe de recherche **Technologie, Qualité et Innovations Agro-Alimentaire (TQI2A)**, dans le cadre du projet « **Production durable du manioc en Afrique Centrale et intégration au marché** » (Contrat de Subvention N°DCI-FOOD/2010/252-886) piloté par le **PRASAC** (Pôle Régional de Recherche Appliquée au développement des Systèmes Agricoles d'Afrique Centrale), et avec l'appui complémentaire de l'**AIRD** (Agence Inter établissement de Recherche pour le Développement).

# REMERCIEMENTS

Le présent travail n'aurait pas vu le jour sans l'aide du Dieu Tout Puissant qui m'a toujours donné la force d'accomplir mes différentes tâches. Je tiens également à remercier:

- Pr. Robert NDJOUENKEU, qu'il trouve dans le présent travail l'expression de ma gratitude pour les enseignements dispensés ainsi que sa patience et sa rigueur scientifique dans l'accomplissement du présent travail;
- Dr. NGUIMBOU Richard Marcel pour son assistance, ses conseils et sa disponibilité;
- Mr. NANGA Théodile Landry, délégué du GIC OTRTM, pour l'accueil chaleureux à moi réservé, afin que ce travail soit réalisé dans de bonne condition ;
- Pr. NSO Emmanuel, Directeur de l'ENSAI, pour les efforts consentis afin que les conditions de notre formation soient favorables ;
- Tout le personnel enseignant de l'ENSAI, pour tous les enseignements prodigués durant tout notre parcours ;
- Mes parents, papa Pierre et maman Esther, pour les moyens qu'ils ont toujours mis à ma disposition pour que mon éducation ne souffre de rien ;
- Tous mes frères et sœurs Vladimir, Dimitri, Kelly, Sarah et Quentin pour le soutien qu'ils m'ont toujours apporté ;
- Toute ma famille et amis (particulièrement NOUGA Fils Edouard) qui n'ont cessé de me soutenir moralement, spirituellement et financièrement durant toute ma formation ;
- Toute la promotion IAA 18 plus précisément mes camarades de laboratoires NKENNE, NKAFU, AWANA, ENOU, NIKOBO ;
- Mr BINDZI Jean – Marcel pour l'assistance et le temps accordé pour les différentes corrections et explications ;
- NGOUALEM Franklin pour son assistance au laboratoire et ses explications multiples.

# TABLES DES MATIERES

DEDICACE.....	i
SPONSORING .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
TABLES DES MATIERES .....	iv
LISTES DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX .....	viii
LISTE DES PHOTOS .....	ix
ABREVIATIONS.....	x
RESUME.....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I: REVUE DE LITTERATURE .....	4
I. Généralités sur le manioc .....	5
I.1. Description botanique .....	5
I.2. Composition chimique .....	6
I.3. Toxicité .....	7
I.4. Maladies liées à la toxicité du manioc .....	7
I.5. Détoxification du manioc .....	7
I.6. Production et consommation.....	8
I.6.1. Production .....	8
I.6.2. Contraintes liées à la production .....	9
I.6.3. Consommation du manioc (racine et feuilles).....	10
II. Transformation du manioc .....	10
II.1. Produits non fermentés .....	11
II.2. Produits fermentés .....	11
II.2.1. Pratique de transformation du manioc en bobolo .....	15
II.2.1.1. Etude biochimique du rouissage du manioc .....	16

II.2.2. Rôle des bactéries lactiques sur la stabilité et les qualités organoleptiques du manioc roui.....	17
<b>CHAPITRE II: RENTABILITE TECHNOLOGIQUE ET ECONOMIQUE DU GIC</b>	
OTRTM.....	18
I. Analyse du problème .....	19
I.1. Présentation du GIC OTRTM .....	19
I.1.1. Généralités.....	19
I.1.2. Structure du GIC .....	19
I.1.3. Mission .....	20
I.1.4. Produits distribués par le GIC OTRTM .....	20
II. Diagnostic des pratiques techniques et des procédés au GIC OTRTM.....	20
II.1. Introduction.....	20
II.2. Méthode d'étude .....	21
II.2.1. Etat des lieux.....	21
II.2.1.1. Outils .....	21
II.2.1.2. Analyse du procédé et calcul des rendements .....	22
II.2.1.3. Calcul des coûts économiques .....	22
II.3. Résultats et discussion .....	23
II.3.1. Pratique technique au sein du GIC .....	23
II.3.1.1. Brainstorming et observation visuelle .....	23
II.3.2. Calcul des coûts économiques .....	31
II.3.2.1. Evaluation du compte de résultat différentiel.....	31
II.3.2.2. Evaluation de la rentabilité du procédé .....	33
II.4. Proposition pour l'amélioration de la production .....	35
Conclusion partielle.....	39
<b>CHAPITRE III : ANALYSE DE LA QUALITE DES PRODUITS.....</b>	
I. Caractérisation physico – chimique .....	42
I.1. Détermination de la teneur en matière sèche des cossettes, farines fermentées et <i>bobolo</i> .....	42
I.2. Teneur en amidon, amylose et amylopectine des cossettes et farines fermentées .....	43
I.3. Détermination de la teneur en cendres totales des cossettes, farines fermentées et <i>bobolo</i> .....	45

I.4. Détermination de pH et de l'acidité titrable des cossettes, farines fermentées et <i>bobolo</i> .....	45
I.5. Détermination de la teneur en cyanure des cossettes, farines fermentées et <i>bobolo</i> .....	46
I.6. Détermination de la teneur en fibres brutes des cossettes et <i>bobolo</i> .....	48
II. Caractérisation fonctionnelle .....	49
II.1. Degré de gélatinisation .....	49
II.2. Texture .....	50
II.3. Profil de gélatinisation (Rapid Viscosimetric Analysis).....	50
III. Evaluation sensorielle .....	51
III.1. Sélection des juges .....	51
III.2. Choix des descripteurs et entraînement.....	51
III.3. Test d'évaluation sensorielle .....	51
IV. Analyse statistique.....	52
V. RESULTATS ET DISCUSSION.....	52
V.1. Propriétés physico – chimiques et fonctionnelles des cossettes, pâtes fermentées crues et cuites de manioc .....	52
V.1.1. Teneur en matière sèche, cendres totales, fibres totale, amidon et HCN des cossettes, pâte fermentée et bobolo .....	52
V.1.2. Acidité titrable et pH des cossettes, pâtes fermentées crues et cuites de manioc .....	55
V.2. Forme des granules d'amidon.....	57
Les granules d'amidon présentent en effet une forme sphéroïde avec une indentation caractéristique des amidons de manioc (photo 13). .....	57
V.3. Propriétés fonctionnelles des pâtes fermentées crues et cuites.....	57
V.3.1. Degré de gélatinisation des pâtes fermentées crues.....	57
V.3.2. Propriétés viscosimétriques des pâtes fermentées crues.....	59
V.3.3. Analyse de la texture des boboo .....	64
V.3.4. Analyse sensorielle des bobolo.....	66
Conclusion partielle.....	70
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	75
ANNEXES .....	80

# LISTES DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Circuit de commercialisation du gari, du fufu et du waterfufu sur le marché de consommation (Douala et Yaounde) PNDRT (2006). .....	13
<b>Figure 2 :</b> Processus de production des principaux dérivés de manioc (PNDRT, 2006) .....	14
<b>Figure 3:</b> Processus de transformation des principaux produits dérivés du manioc (PNDRT, 2006).....	14
<b>Figure 4 :</b> Schéma général du travail .....	21
<b>Figure 5:</b> Procédé de fabrication du bâton de manioc .....	26
<b>Figure 6:</b> Evolution du degré de gélatinisation des pâtes fermentées crues.....	58
<b>Figure 7:</b> Force exercée sur le <i>bobolo</i> par une sonde aiguille.....	65
<b>Figure 8:</b> Force exercée sur le <i>bobolo</i> par une sonde conique .....	65
<b>Figure 9:</b> Cercle de corrélation des variables sur le système d'axe F1 et F2 .....	67
<b>Figure 10 :</b> Relation entre les attributs sensoriels et les différents échantillons .....	68



# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Composition chimique du manioc (pour 100g de matière sèche).....	6
<b>Tableau 2:</b> Superficie et production du manioc .....	9
<b>Tableau 3 :</b> Composition nutritionnelle des feuilles et des racines de manioc .....	10
<b>Tableau 4:</b> Principaux bassin de production des dérivés de manioc.....	12
<b>Tableau 5:</b> Rendement des opérations unitaires.....	30
<b>Tableau 6:</b> Matériel nécessaire à la production des bâtons de manioc.....	31
<b>Tableau 7:</b> Coût de production mensuel des <i>bobolo</i> .....	33
<b>Tableau 8:</b> Compte de résultat différentiel mensuel de la production des <i>bobolo</i> .....	34
<b>Tableau 9:</b> Calendrier de production mensuel .....	37
<b>Tableau 10:</b> Coup de production annuel du <i>bobolo</i> .....	38
<b>Tableau 11:</b> Compte de résultat différentiel.....	38
<b>Tableau 12:</b> Proportion de mélange des différentes variétés .....	42
<b>Tableau 13 :</b> Composition chimique proximale des farines de manioc, pâtes fermentées crue et cuite ( <i>bobolo</i> ) .....	53
<b>Tableau 14:</b> pH, acidité des farines de manioc, pâte fermentées crues et cuites ( <i>bobolo</i> ).....	56
<b>Tableau 15:</b> Propriétés d'empesages des pâtes fermentées crues issues de trois variétés locales de manioc .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Tableau 16:</b> Paramètres temporels et facilité de cuisson des pâtes fermentées .....	63
<b>Tableau 17:</b> Classification des <i>bobolo</i> sur la base de leurs caractéristiques sensorielles .....	68

# LISTE DES PHOTOS

<b>Photo 1:</b> a) racines fraîches de manioc b) vue partielle d'un plant de manioc .....	6	
<b>Photo 2 :</b> Broyeur motorisé.....	24	
<b>Photo 3 :</b> Presse manuelle à vis .....	24	
<b>Photo 4A :</b> Four à cuisson	<b>Photo 4B :</b> Four à cuisson.....	24
<b>Photo 5 :</b> Balance, tamis, bac de trempage et table de travail .....	25	
<b>Photo 6:</b> Bac de trempage .....	27	
<b>Photo 7:</b> Pressage.....	27	
<b>Photo 8 :</b> Défibrage.....	28	
<b>Photo 9:</b> Pâte obtenue après broyage .....	28	
<b>Photo 10:</b> Tamisage .....	28	
<b>Photo 11:</b> Pressage.....	29	
<b>Photo 12 :</b> Emballage des bâtons de manioc .....	30	
<b>Photo 13 :</b> Microscopie optique des granules d'amidon roui : Mbout (A), Djangue (B) ; Balbine (C) .....	57	

# ABBREVIATIONS

AACC: American Association of Cereal Chemist

ACP : Analyse en Composante Principale

ANOVA : Analyse des Variances

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

CCI : Chambre de Commerce International

GIC OTRTM : Groupement d'Initiative Commune des Agriculteurs et Eleveurs de Mbama

HCN: Acide Cyanidrique

IITA : Institut International d'Agriculture Tropicale

MINADER : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MS: Matière Sèche

pH : Potentiel d'Hydrogène

PNDRT : Programme National de Développement des Racines et Tubercules

rpm : Rotation par minute

RVA : Rapid Visco Analyser

# RESUME

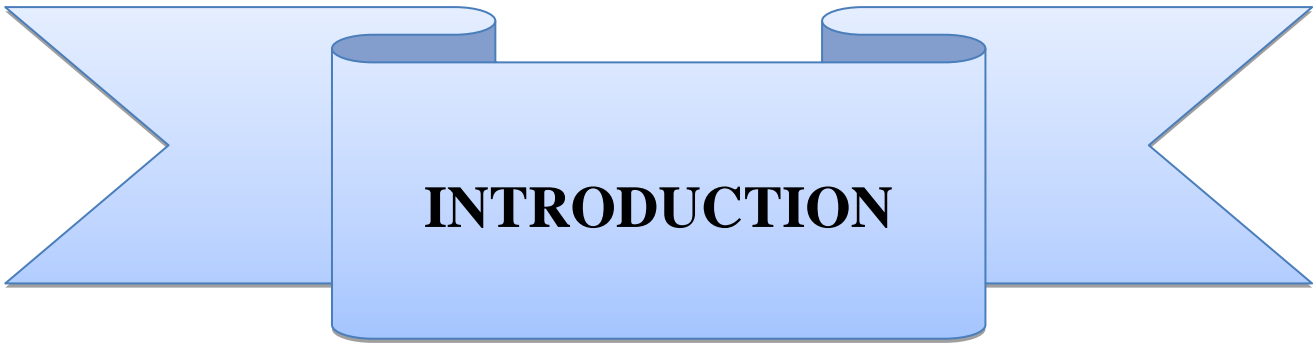
Dans une optique de promouvoir la transformation du manioc en divers dérivés, le groupement d'initiative commune des Agriculteurs et Eleveurs de Mbama qui est un GIC purement paysan, s'est lancé dans la production de divers dérivés de manioc parmi lesquels le *bobolo*. Mais cette production n'a pas été régulière d'où l'intérêt de ce travail qui a suscité une évaluation de l'efficacité technologique des pratiques de transformation du manioc en *bobolo*. Pour mener à bien cette étude il a été question dans un premier temps de faire un diagnostic des pratiques de transformation par un brainstorming et une observation visuelle, d'évaluer la rentabilité du procédé en établissant un compte de résultat différentiel, et en second lieu d'évaluer la qualité des produits sur le plan physico – chimique et sensoriel. Le diagnostic a permis de comprendre que les habitants du village Mbama ont pour activité principale l'agriculture et se donne peu à la technologie de transformation du manioc, ce qui a entraîné une production irrégulière et sur cette base a permis de montrer que le procédé n'était pas rentable (solde mensuel négatif **-63.820Fcfa**). Des propositions faites ont permis de montrer qu'avec une production régulière et un personnel disponible le procédé serait rentable (solde annuel positif **187.485Fcfa**). L'analyse physico – chimique a permis de montrer que le *bobolo* obtenu serait constitué essentiellement d'amidon fermenté (70 à 90% d'amidon fermenté) et contiendrait moins de fibres (0.26g/100g MS en moyenne). De même les *bobolo* obtenus à partir de la variété Djangue ont montré une teneur en HCN ( $10,82 \pm 0,15$  mg/Kg) supérieure à la limite recommandée par la FAO/OMS (10mg/Kg au maximum). L'analyse fonctionnelle des pâtes fermentées crues a permis de montrer que les variétés Balbine et Djangue présentent une meilleure gélatinisation et seraient par conséquent les mieux adaptées pour la production du *bobolo*. Les propriétés viscosimétriques et les propriétés temporelles d'empesage de celles-ci ont montré que Balbine pourrait être la mieux adaptée pour une production rapide du fait de ses propriétés de viscosité et un temps de cuisson faible. L'analyse sensorielle a montré que les *bobolo* les plus appréciés seraient les variétés Balbine et Mbout du fait de la corrélation significative pour le goût de cuit, l'élasticité au toucher et le caoutchouteux en bouche. Les mélanges B – D (2-1), M – D (1-2), B – M (1-2), B – D (1-2), B – M (1-1) seraient les mieux appréciés pour les attributs sensoriels les plus expressifs. La variété Djangue, les mélanges B – M (1-1), M – D (2-1), B – M – D, M – D (1-1), B – D (1-1) et le *bobolo* fait traditionnellement, seraient les moins appréciés.

**Mots clés :** *bobolo*, rentabilité, qualité.

# ABSTRACT

In order to promote the transformation of cassava into various derivatives, the common initiative group (GIC OTRTM) of Farmers and Stockbreeders of Mbama launched the production of cassava derived products among which were products like *bobolo*. But this production was not regular and thus the interest of this work which was aimed at an evaluation of the technological efficacy of the practices of transformation of cassava into *bobolo*. In order to do this study it was required initially to make a diagnosis of the transformation process via brainstorming and visual observation and subsequently evaluating the profitability of the process by establishing a differential income statement. Secondly it was required of us evaluate the quality of the products on a physico – chemical and sensory level. The diagnosis enabled us to understand that the inhabitants of the Mbama village have as principal activity agriculture, thus little time and energy is accorded to the technology of transformation of cassava. This thus brings about the problem of irregular production and on this basis allowed us to show that the process is not profitable (negative balance **-63.820Fcfa**). Proposals made showed that with a regular production and available personnel on site, the process would be profitable (positive annual balance **187.485Fcfa**). The physico - chemical analysis performed showed that the *bobolo* obtained would be primarily made up of fermented starch (70 to 90% fermented starch) and would contain less fibers (0.26g/100g MS averagely). Also, *bobolo* obtained from the Djangue variety showed very high levels of HCN(10.82±0,15 mg/Kg), which is higher than the WHO recommended limit of 10mg/Kg. Functional analysis allowed shown that the Balbine and Djangue variety presented a better gelatinization and would be consequently more adapted for the production of the *bobolo*. The viscosity properties and the temporal properties for thickening showed that the Balbine variety could be best adapted for a fast production because of its good viscosity properties and a short cooking time leading to reduced energy expenditures. The sensory analysis showed that the most appreciated *bobolo* would be the Balbine and Mbut varieties because of the significant correlation of the cooked taste, elasticity and the rubbery nature in mouth. The mixtures B – D (2-1), M – D (1-2), B – M (1-2), B – D (1-2), B – M (1-1) would be appreciated best for their most expressive sensory attributes. The Djangue variety and the mixtures B – M (1 - 1), M – D (2 - 1), B – M – D, M – D (1-1), B – D (1-1), the *bobolo* made traditionally would be least appreciated .

Key words: *bobolo*, profitability, quality.



# **INTRODUCTION**

Importantes sources de calories pour plus de deux milliards de personnes dans le monde, les racines et tubercules constituent le deuxième groupe de plantes vivrières amyliacées derrière les céréales (**Lebot, 2008**). Dans ce groupe, figure le manioc (*Manihot esculenta* Crantz), l'une des racines les plus consommées en Asie, en Amérique latine et en Afrique (**Nweke, 2004**). Au Cameroun, le manioc est la denrée agricole la plus produite avec 4,2 millions de tonnes en 2012 (**FAO, 2012**). Il constitue la première source de féculents dans toute la moitié Sud du pays (**PNDRT, 2003**). Pour les ménages agricoles, le manioc, cultivé le plus souvent en association de cultures, est un pivot des systèmes de production. Ce sont principalement les femmes qui le cultivent et tirent de sa transformation un revenu monétaire supplémentaire. Le manioc est la deuxième culture vivrière du Cameroun juste après le maïs et le riz (**Kasi et al., 2012; Kobawila et al., 2005**) et constitue un des aliments de base des populations avec plus de 40 recettes culinaires et utilisations diverses. Il est cultivé dans toutes les zones agro écologiques couvrant neuf des dix régions avec une forte propension dans le « Grand Sud » Cameroun (comprenant les régions de l'Est, du Centre, du Sud, du Littoral, Sud-ouest, de l'Ouest et du Nord-ouest) ; (**Agbor Egbe et al., 1995**). Cependant les racines de manioc fraîchement récoltées se détériorent rapidement; le processus commence 1 à 7 jours après la récolte. Selon **KAKOU et al. (2007)**, les pertes post-récoltes sont importantes et représentent 30% de la production de racines de manioc. Le caractère périssable du manioc a engendré, depuis des décennies, un développement des procédés et technologies de transformation et de conservation de cette denrée. Ces technologies visent entre autre à réduire sa teneur en glycosides cyanogénétiques. Pour pallier à ces contraintes, les racines sont transformées en divers produits (foufou, gari, *bobolo*, farine etc...) pour réduire la charge en eau et conserver plus longtemps.

Il faut toutefois relever que le manioc véhicule une image de *culture du pauvre*, en raison des contraintes structurelles et technologiques qui freinent son expansion industrielle et commerciale. Cette perception tient au fait que la culture du manioc est étroitement associée à la pauvreté rurale, bien qu'elle n'en soit pas la cause. En effet, les zones où se cultivent les racines sont celles où vivent en général les populations rurales (**Agueguia et al., 2000**). En outre, l'étroitesse des surfaces individuelles de culture, l'enclavement des zones de production, la faiblesse du niveau technologique du système de transformation, sont autant de contraintes qui limitent la productivité de la racine, son accès au marché et contribuent à en minorer le niveau de valorisation industrielle. Pour enrayer cette image et favoriser l'émergence technologique, industrielle et commerciale du manioc, divers projets nationaux et

internationaux ont été mis en place dans divers pays Africains. Il en est ainsi, du PNDRT (Programme National de Développement des Racines et Tubercules), du PIDMA (Projet d'Investissement et de Développement des Marché Agricole), ainsi que de divers projets mis en place par le MINADER (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). Au niveau sous - régional CEMAC (Communauté Economique et Monétaire d'Afrique Centrale) le projet « Valorisation du Manioc et Intégration au marché », piloté par le PRASAC (Pôle Régional de Recherche Appliquée au Développement des Systèmes Agricoles d'Afrique Centrale) vise les mêmes objectifs à l'échelle de l'ensemble des pays membres.

Parmi les innombrables produits dérivés du manioc au Cameroun, le *miondo*, le gari, le *bobolo*, le *mitumba*, les cossettes, le fufou, le *water - fufu* sont les plus couramment rencontré (Tiki Mpondo, 1997). Ces denrées sont hautement consommées et de plus en plus d'acteurs se lancent dans le secteur de leur fabrication, à cause des revenus que génère ladite activité. Malgré la relative émergence de la transformation de la racine, manifestée, entre autres, par la disponibilité d'une diversité de petits équipements de transformation du manioc, des difficultés structurelles subsistent dans le fonctionnement efficace des structures paysannes mises en place, en termes de rentabilité technologique et économique du système de transformation, ainsi que de l'assurance de la qualité des produits, qualité fortement dépendante de la variété ainsi que de l'influence d'une variété sur une autre. Il apparait, dès lors intéressant d'évaluer *in situ* le fonctionnement des structures paysannes locales impliquées dans la transformation du manioc, de manière à en comprendre les déterminants des pratiques techniques, la rentabilité des opérations impliquées et la qualité des produits. Le groupement d'initiative commune des Agriculteurs et Eleveurs (GIC OTRTM) de Mbama (Est – Cameroun) servira de cas spécifique à ce propos. Le présent travail a, de ce fait, pour objectif général d'évaluer l'efficacité technologique des pratiques de transformation paysanne du manioc en *bobolo*. Spécifiquement, il s'agira :

- D'analyser le mode de fonctionnement du GIC en termes d'organisation et de mise en œuvre des procédés techniques ainsi que la rentabilité économique de ces pratiques à travers l'établissement d'un compte de résultat différentiel de l'entreprise paysanne ;
- D'évaluer la qualité des produits par leurs caractérisations physico – chimique et sensorielle.





**CHAPITRE I: REVUE  
DE LITTÉRATURE**

# I. Généralités sur le manioc

Le manioc (*Manihot esculenta Crantz*) appartient à la famille botanique des Euphorbiaceae. Originaire de l'Amérique latine, il fut introduit en Afrique au 16ème siècle, en Asie au 17ème siècle et en Australie à la fin du 19ème siècle. Ses principaux centres de diversité sont situés au Brésil et en Amérique Centrale (**Bertolini, 2000**). Le manioc constitue la troisième source d'hydrate de carbone après le riz et le maïs (**Kasi et al., 2012; Kobawila et al., 2005**). Il est largement reconnu comme une récolte productive et constitue une bonne source d'énergie (670KJ/100g) (**Adebayo-Oyetero et al., 2013; Osakwe et al., 2008**).

## I.1. Description botanique

Le manioc est une plante des plaines des zones tropicales, c'est une plante arbustive (photo1) pérenne de 1 à 4m de hauteur (**Agueguia et al., 2000**). Il compte 280 genres et 8000 espèces (**Muchnik et Vinck, 1984**). La durée de culture varie entre 8 et 18 mois selon la variété et les conditions écologiques. Au – delà de cette période, les racines se lignifient, deviennent dures et fibreuses affectant la qualité des produits obtenus après transformation (**Grace, 1978; Chuzel, 1989**). Les tiges émises par les boutures se ramifient dès la première année à une hauteur variable. Le manioc est cultivé principalement pour ses racines qui constituent les réserves alimentaires de la plante. Ces racines tubérisées (photo 1) qui sont les principaux produits alimentaires de cette plante, se trouvent à quelques centimètres du sol et sont au nombre de 5 à 10. Ces racines sont fixées au collet de la plante par un pédoncule. Leur longueur varie de 15 à 100 cm environ, et leur poids peut atteindre 3 kg. Un pied de manioc produit 5 à 6 kg de racines ou même davantage. Les feuilles, caduques, sont alternes et palmilobées. Elles mesurent de 10 à 20 cm de long et constituent également un aliment apprécié (**Onwueme & Sinha, 1991 ; Purseglove, 1987**).



a



b

**Photo 1:** a) Racines fraîches de manioc b) Vue partielle d'un plant de manioc

## I.2. Composition chimique

La proportion en chair de manioc consommable varie de 80 à 90% selon la variété, l'âge et la maturité du tubercule. La composition chimique du manioc épluché est en effet fonction de la maturité, de la variété et des pratiques culturales, du lieu de stockage et de la région. Les racines contiennent 30 à 40% de matières sèches où l'amidon et les sucres sont prédominants. Ils contiennent également d'importantes quantités de vitamine C: environ 35 mg pour 100 g de produit frais, mais ils sont pauvres en lipides, sels minéraux, autres vitamines et surtout protéines (**Asiedu, 1991**). Le tableau 1 présente la composition chimique du manioc.

**Tableau 1:** Composition chimique du manioc (pour 100g de matière sèche)

Constituants	Teneurs
Eau (g)	87-50 <sup>a)</sup>
Protéines (g)	1,6-6 <sup>a)</sup> 0,6-2,6 <sup>b)</sup>
Glucides (g)	1,3-5,3 <sup>a)</sup>
Lipides (g)	0,45-1 <sup>b)</sup>
Cendres (g)	1,0-2,5 <sup>b)</sup>
Fibres (g)	3,0-5,0 <sup>a)</sup>
Amidon (g)	70-91 <sup>a)</sup>
Glucosides cyanogénétiques (mg/Kg)	17-4126 <sup>a)</sup>

Source : <sup>a)</sup> CIAT (1994), <sup>b)</sup> Okezie et Kosikowski (1982).

### **I.3. Toxicité**

Le manioc contient des hétérosides cyanogénétiques (linamarine, la plus abondante et la lotaustraline) qui sont des composés dangereux pour l'organisme. Ingérés en quantité importante, ils peuvent causer un empoisonnement aigu au cyanure et entraîner la mort des humains ou animaux qui les consomment. La concentration de ces composés toxiques varie selon les cultivars (manioc doux et amers) et les conditions de croissance. La concentration des glycosides cyanogénétiques augmente du centre vers la périphérie de la racine : la teneur en cyanure est beaucoup plus élevée dans l'écorce du manioc. Le contenu en cyanure du manioc doux est situé surtout dans la pelure. Le manioc doux contient moins de 50 mg de cyanure par kg de pulpe, l'amer, entre 80 et 100 mg/kg et le très amer, au-delà de 100 mg/kg (**Hongbete, 2004**). Ainsi, les produits transformés de manioc contenant moins de 50 ppm de cyanure sont considérés inoffensifs mais il est utile de noter que lorsqu'on consomme sur une longue période du manioc doux ou des produits à base de manioc contenant de faibles concentrations de cyanure une intoxication chronique au cyanure peut survenir (**Fiagan, 2007**).

La linamarine est un composé assez stable qui n'est pas modifié durant la cuisson du manioc. Si elle passe de l'intestin dans le sang comme glucoside intact, elle est probablement excrétée inchangée dans l'urine sans dommage pour l'organisme mais en fait, la linamarine ingérée peut libérer du cyanure dans l'intestin durant la digestion. Toutes les parties de la plante et les feuilles contiennent des concentrations variables en glycosides cyanogénétiques. Dans les racines, les peaux ont une concentration plus élevée que l'intérieur (**Fiagan, 2007**).

### **I.4. Maladies liées à la toxicité du manioc**

Plusieurs maladies ont été associées aux effets toxiques du manioc. Le rôle de ce dernier a été confirmé dans l'état pathologique de l'intoxication aiguë par le cyanure et dans le goitre. Il existe aussi des signes qui lient deux types de paralysie aux effets combinés d'une dose élevée de cyanure et d'une dose faible de soufre, comme cela peut se produire dans un régime alimentaire dominé par le manioc insuffisamment traité. Dans ces deux maladies, la neuropathie ataxique tropicale et la paralysie spastique épidémique (Konzo au Mozambique), la paralysie fait suite à un endommagement de la moelle épinière (**Fiagan, 2007**).

### **I.5. Détoxification du manioc**

La toxicité du manioc est bien connue et plusieurs méthodes traditionnelles existent pour réduire la concentration en cyanure. L'épluchage du manioc doux réduit la teneur en HCN à des concentrations non toxiques. Lorsque les variétés amères sont râpées ou hachées et mises à tremper dans l'eau où elles fermentent, les glycosides cyanogénétiques sont transformés en

cyanure qui est ensuite lessivé. La détoxification se poursuit avec le séchage et l'ébullition du produit. Les méthodes traditionnelles de transformation, telles que la fermentation, le séchage et la cuisson, si elles sont appliquées avec soin, peuvent également réduire la teneur en cyanure jusqu'à des niveaux non toxiques (Fiagan, 2007).

## **I.6. Production et consommation**

### ***I.6.1. Production***

Depuis le début des années soixante, la production mondiale de manioc a plus que doublé, principalement en raison d'une augmentation des productions africaine et asiatique. La production a presque triplé pour la seule Afrique, en partie grâce à l'utilisation des variétés améliorées. Durant cette période, les surfaces cultivées ont augmenté de plus de 50 % (Manyong, 2000). L'Afrique est le premier continent producteur de manioc avec une production de plus de 103 millions de tonnes, soit 52,9% de la production mondiale (FAOSTAT, 2005). La production de l'Asie est de 55,5 millions de tonnes (soit 28,4% de la production mondiale) et celle de l'Amérique latine et des Caraïbes s'élève à 31,5 millions de tonnes (soit 16,1% de la production mondiale) (FAOSTAT, 2005). Parmi les cultures alimentaires, le manioc occupe la 9<sup>ième</sup> place en termes de production dans le monde (FAOSTAT, 2012). Le Nigéria produit environ 37 millions de tonnes faisant de lui le plus grand producteur mondial. Au Cameroun, le manioc est de loin la première production agricole, soient 3,8 millions de tonnes en 2010 (Agri – Stat, 2012). Cette culture est pratiquée sur presque toute l'étendue du territoire. Les grandes zones de production sont, l'Est, le Sud-ouest, le Littoral et la zone sud des hauts plateaux de l'Adamaoua qui fournissent 71% de la production nationale. Le manioc est essentiellement cultivé par de petits agriculteurs qui exploitent des superficies de moins d'un hectare. La superficie et la production du manioc des différentes régions est donnée dans le tableau 2 :

**Tableau 2:** Superficie et production du manioc

Région	Superficie 2009 (ha)	Production 2009 (t)	Superficie 2010 (ha)	Production 2010 (t)
ADAMAOUA	9 741	141 899	11 274	165 171
CENTRE	80 676	1 057 714	86 819	1 198 080
EST	67 726	739 943	64 138	805 357
EXTREME- NORD	500	4 788	474	5 257
LITTORAL	10 106	283 926	13 928	311 123
NORD	2 355	25 724	3 516	29 642
NORD-OUEST	10 758	100 751	13 768	110 708
OUEST	6 500	110 496	15 100	121 634
SUD	33 547	549 779	35 467	630 573
SUD-OUEST	19 864	325 542	26 303	430 694
CAMEROUN	<b>239 418</b>	<b>3 340 562</b>	<b>270 787</b>	<b>3 808 239</b>

Source : *AGRI-STAT, juillet 2012*

### ***1.6.2. Contraintes liées à la production***

Malgré le grand nombre d'avantages présentés par la culture du manioc, il existe certaines contraintes de production qui freinent son développement, et notamment :

- les maladies virales, fongiques et bactériennes (mosaïque africaine du manioc ; bactériose, anthracnose, pourriture des racines, etc.) (**Mvila & Magma, 2006**)
- les ravageurs (acariens verts, etc.) ;
- la faible productivité de certaines variétés ;
- les pratiques culturales rudimentaires, qui contribuent au faible rendement de la culture en Afrique.

Les approches de solutions proposées par la recherche et la vulgarisation agricole sont: le développement de variétés tolérantes aux diverses maladies, la diffusion de variétés plus productives à teneur en cyanure réduite et riches en amidon, ainsi que l'amélioration de certaines pratiques agricoles (**IITA, 1990**).

### ***1.6.3. Consommation du manioc (racine et feuilles)***

Les parties comestibles du manioc sont les racines et les feuilles. En raison de leur importante teneur en protéines et en vitamines, surtout les vitamines A et C, les feuilles de certaines variétés de manioc sont utilisées dans l'alimentation de nombreuses populations africaines. Les jeunes feuilles de manioc peuvent être récoltées 4 à 5 fois pendant le cycle végétatif et utilisées comme légumes et dans des sauces. Cette opération n'a pas d'influence négative sur le rendement des tubercules (**Onwueme, 1978**). Il faut cependant noter que la comestibilité des feuilles diffère selon les variétés. Leur valeur nutritive par rapport aux racines est indiquée au tableau 3 (**Onwueme, 1978**). A côté de son utilisation pour l'alimentation, le manioc est également utilisé dans l'industrie pour la production des adhésifs naturels, les cartons cannelés, les biocarburants, les détergents, l'alcool, l'acétone et dans l'industrie du textile etc... les fourrage de bonnes qualité peuvent être obtenu à partir des peaux de racines fraîches (**Heuzé et al., 2013**). L'amidon est également utilisé comme épaississants dans certaines sauces ou encore dans les industries de textiles.

**Tableau 3 :** Composition nutritionnelle des feuilles et des racines de manioc

	feuilles	Racines
Eau	80 %	62 à 68 %
Glucides	7 %	35 % (dont 20 à 25 % d'amidon)
Lipides	1 %	0,3 %
Protéines	6 %	env. 1 %
Vitamine C	200 mg/100g	35 mg/100g
Vitamine B <sub>1</sub>	0,2 mg/100g	négligeable
Vitamine B <sub>2</sub>	0,3 mg/100g	négligeable

## **II. Transformation du manioc**

Le manioc est transformé en deux grands groupes de produits : les produits fermentés et les produits non fermentés. La plus importante part du marché des produits de

transformation du manioc est occupée par les produits fermentés, ceci en raison de leur arôme, de leur aspect généralement près à la consommation et de la diversité des mets auxquels ils peuvent se prêter. Parmi ces produits est inclus le *fufu* (ou Water fufu), le gari, la farine de manioc, le *bobolo* (bâton), chips de manioc, les cossettes, le *miondo*, le *mitumba* etc... la farine de manioc impropre à la consommation humaine est destinée à l'alimentation animale. Les racines peuvent être pelées et bouillies, broyées, rôties ou séchées pour la consommation humaine (Heuzé *et al.*, 2012). Les différents procédés technologiques sont résumés sur la figure 1.

### II.1. Produits non fermentés

**Farine de manioc:** les racines fraîches de manioc sont récoltées et pelées, lavées et découpées en petit morceau (4 – 5mm de diamètre) et séchées (Djilemo, 2007). Le produit séché obtenu est broyé, tamisé et stocké dans des sacs en polyéthylène pour être utilisé quand le besoin se fait ressentir. La farine de manioc (non fermenté) de haute qualité (sans odeur, ayant une couleur blanche et une granulométrie homogène) peut être utilisée comme matière première pour la production du pain, des gâteaux, des biscuits et autres produits.

**Les chips de manioc :** les racines fraîches de manioc sont pelées, lavées puis découpées en fine tranche, épicées au besoin pour un arôme agréable et passées dans de l'huile. Le produit obtenu est conservé dans des plastiques en polyéthylène.

### II.2. Produits fermentés

**Gari** (“tapioca”) : obtenu par râpage des racines fraîches et fermentées pendant 2 à 4 jours, pressé, tamisé, frit (Enidiok *et al.*, 2008) et finalement refroidi pour obtenir un produit acceptable. Lors de la garification une petite quantité d'huile de palme peut être ajoutée pour obtenir un gari jaune. Le gari est un aliment commode pour son temps de cuisson court. Son bas prix, sa facilité de stockage et préparation pour la consommation ont été combinés pour le rendre extrêmement populaire parmi les habitants urbains dans les pays africains occidentaux et centraux (Irtwange et Achimba, 2009). Le gari est un produit dérivé populaire qui peut être consommé sous forme séchée, trempé avec de l'eau froide et avec de l'eau chaude pour obtenir une forme de pâte consommée avec une soupe ou une sauce (Oyewole *et al.*, 2004).

**Foufou :** Principal plat à base de farine de manioc roui. La méthode traditionnelle de fabrication de la farine consiste à tremper les racines dans l'eau jusqu'à ramollissement. Les racines ramollies sont défibrées, lavées, mises dans un sac de jute et pressées. La pulpe est



émiettée en cossettes et séchée au soleil les cossettes sont ensuite broyées en farine qui est alors pétrie dans l'eau bouillie le fufou (**Tiki Mpondo, 1995**).

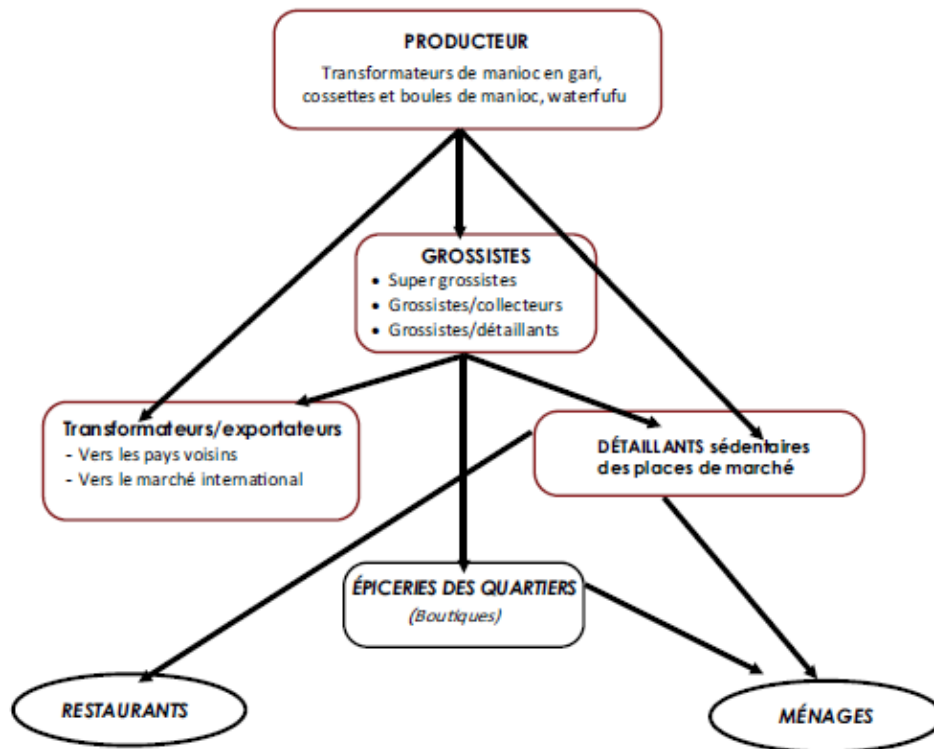
*Water – fufu* aussi appelé “Akpu” au Nigéria et dans certaine partie du Cameroun, c'est une pâte humide de manioc fermentée (**Oyewole and Sanni, 1995**). Il est préparé traditionnellement par épluchage des racines de manioc, lavage, découpage en petit morceau et trempage pendant 3 à 5 jours ou plus. Le processus de fermentation est de favoriser la détoxification de la pulpe de manioc, et aide à développer et préserver la saveur (**Hahn, 1989**). Le *water – fufu* obtenu est mis préparé dans de l'eau chaude en tournant continuellement pour produire une pâte rigide et élastique qui est consommé avec une soupe. La préparation du *water – fufu* varie selon les localités. Il est a noté que le *water – fufu* apporte plus de calories compares à d'autre produit dérivés du manioc (**IITA, 1990**).

*Bobolo*” : il est obtenu par fermentation des racines fraîches pendant un certain temps jusqu'à ramollissement des racines, puis défibré et broyé pour former une pâte. La pâte obtenue est moulée dans des feuilles et cuit pour obtenir un produit directement consommable.

Les principaux bassins de production des dérivés de manioc sont indiqués dans le tableau 4, l'écoulement de ces produits est présenté sur la figure 2.

**Tableau 4:** Principaux bassin de production des dérivés de manioc

Produit	Gari	<i>Water – fufu</i>	Fufou
Les grands bassins de production	Malendé (Muyuka)	Batoke et Bakinguili (Limbé)	Baré (Nkongsamba)
	Muyuka	Lelem (melong)	Melong II
	Oyé	Malendé (Muyuka)	Sollé (yabassi)
	Passim (melong)	Malendé (Kumba)	
	Balengui (Kumba)	Ikiliwindi Sollé (Yabassi)	



**Figure 1** : Circuit de commercialisation du gari, du fufou et du *water-fufu* sur les marchés de consommation de Douala et de Yaounde (PNDRT, 2006).

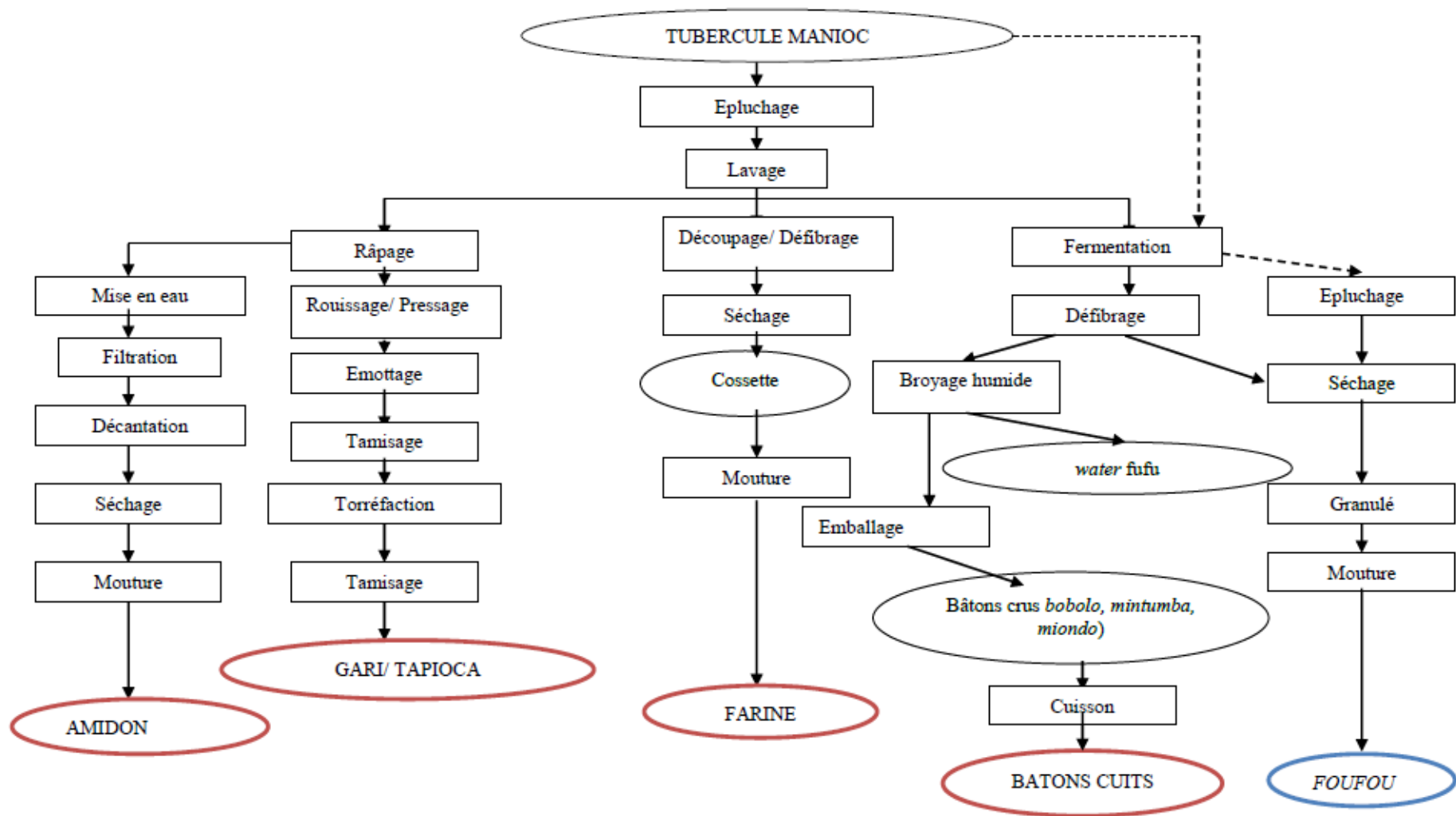
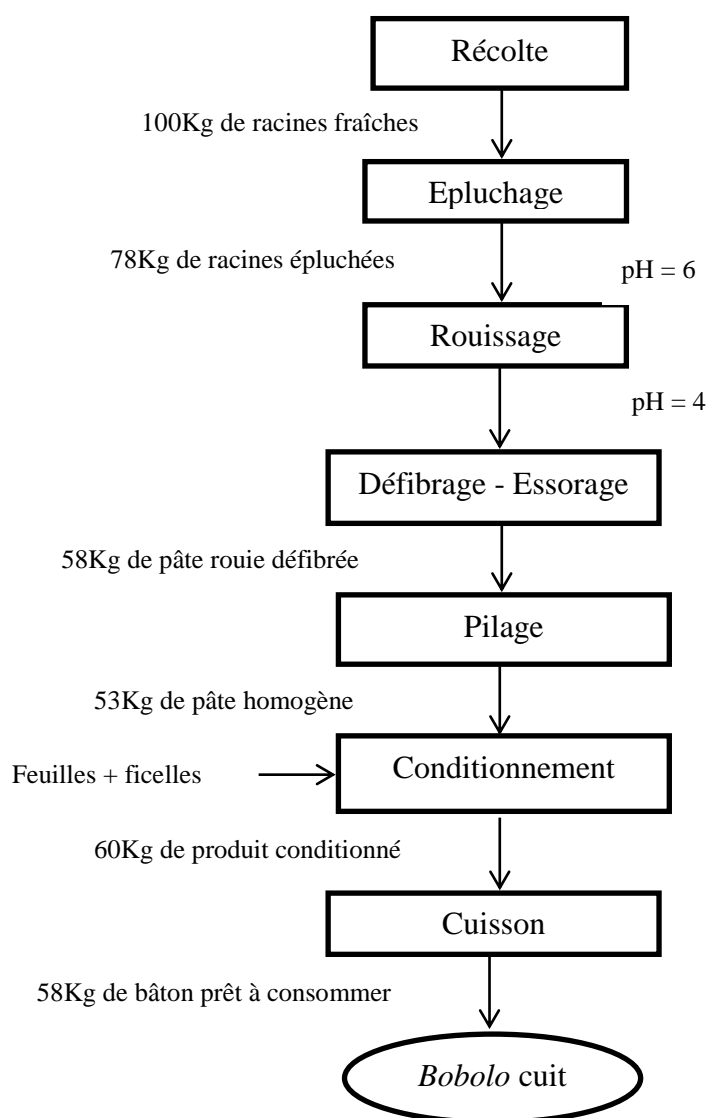


Figure 2 : Processus de production des principaux dérivés de manioc (PNDRT, 2006)

### II.2.1. Pratique de transformation du manioc en bobolo

Selon la méthode traditionnelle, le bâton de manioc est obtenu à partir d'un certain nombre d'opération unitaire résumé sur la figure 3 :



**Figure 3:** Procédé de fabrication des bâtons de manioc (Gavart, 1992).

Après la récolte du manioc (12 à 24 mois après la plantation), les écorces externes et internes sont ôtées à la machette. Le rouissage (étape de fermentation) réalisé dans un marigot ou dans une bassine au village, dure de 2 à 3 jours. Quand la transformatrice les juge assez ramollies, elle frotte les racines pour les nettoyer, en extrait la fibre centrale ligneuse et les presse vigoureusement pour essorer la pulpe. Dans la cuisine, le pilage est ensuite réalisée dans un mortier jusqu'à obtention d'une pâte homogène. Deux larges feuilles disposées tête – bêche et appelées « akeng » (famille des Maranthacées) sont utilisées pour l'emballage des bâtons de 550g en moyenne. Une boule de pâte est alors façonnée sur la nervure centrale des

feuilles pour obtenir un bâton de 550g en moyenne. Une fois les feuilles rabatues sur la pâte, le tout est ficelée avec une fibre issue du tronc du bananier ou de la plante dont sont issues les feuilles d'emballages. La cuisson s'effectue dans une marmite contenant un fond d'eau, posée sur un foyer à trois pierres. Réalisée à l'étuvée, les bâtons cuisent de une heure trente à deux heures selon la quantité. La fin de la cuisson est jugée nécessaire grâce à l'aspect des feuilles qui doivent être devenues d'un vert terne. Le bâton présente alors une longueur de 45 à 50 cm, un diamètre de 4 à 5 cm et une masse moyenne de 550g (**Gavart, 1992**).

### ***II.2.1.1. Etude biochimique du rouissage du manioc***

Le rouissage du manioc est une fermentation lactique spontanée, elle est hétérolactique et assez complexe, avec intervention d'une microflore complexe d'espèces bactériennes (bactéries lactiques, *Clostridies spp* etc...) et probablement *Bacillus spp* ou *Klebsiella spp*. (**Brauman et al., 1995**).

Le procédé consiste à immerger dans de l'eau des racines de manioc, entières ou prédécoupées, pendant trois à cinq jours. Durant cette fermentation, les glucosides cyanogénétiques endogènes sont dégradés, les produits qui participent au goût du produit sont élaborés et les racines ramollies (**Okafor et al, 1984**). Les principaux phénomènes biologiques et physico-chimiques de cette fermentation sont assurés par une microflore sauvage dont la composition serait gage de l'aspect du produit final (**Rainbault, 1995**). Cette microflore est constituée de bactéries fermentaires anaérobies facultatives, parmi lesquelles, après deux jours de fermentation, les bactéries lactiques deviennent majoritaires (**Oyewole, 1990**). Les levures comme les *Candida spp* ne semblent pas jouer un rôle significatif dans le rouissage mais leur importance croissante dans les derniers stades du procédé pourrait influencer la conservation du produit final (**Okafor, 1977**). Le pH de l'eau de rouissage se stabilise après 48 heures autour de 4,5 (**Brauman et al., 1995**). Cette acidification serait due à la production d'acides organiques, principalement le lactate, par les bactéries lactiques (**Brauman et al., 1995**). La pression en oxygène dissous baisse très rapidement jusqu'à 0,2mg/l ce qui permet l'installation d'une microflore anaérobie stricte telle que les Clostridies, qui produisent du butyrate (**Giraud et al., 1995**). La microflore fermentaire utiliserait comme substrat carboné principal, les oligosaccharides (sucrose, glucose et fructose) de la racine (**Okafor, 1977**).

Au niveau de la racine, le rouissage se caractérise par trois transformations essentielles :

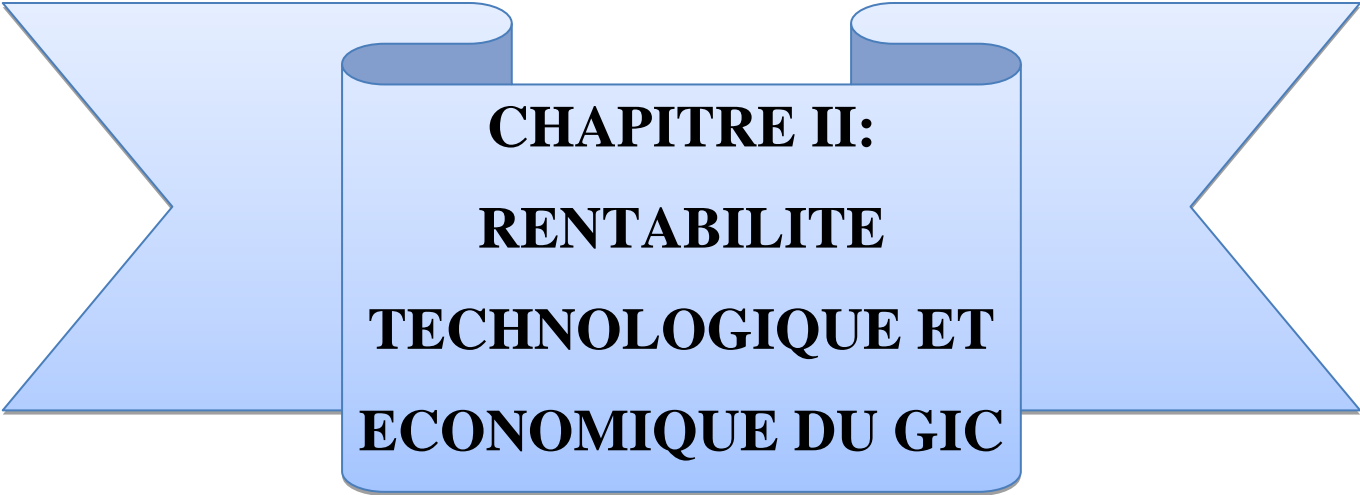
- Une dégradation des composés cyanés endogènes de la racine (la concentration décroît de 400ppm dans la racine fraîche à 20 ppm dans la racine rouie) ;
- Une lyse importante des parois végétales due à l'action combinée de plusieurs pectinases (pectinemethylesterase et pectate lyase) ;
- La production d'acides organiques (C2 à C4), principalement du lactate et du butyrate qui participent au goût caractéristique des produits finaux : Chikwangué et Foufou.

### ***II.2.2. Rôle des bactéries lactiques sur la stabilité et les qualités organoleptiques du manioc roui***

Les bactéries lactiques permettent d'améliorer les caractéristiques alimentaires des produits fermentés. Ceci en développant les qualités organoleptiques par formation d'acide lactique, d'acétoïne, d'acétaldéhyde, diacétyl, de peptides et d'acides aminés. Ces composés seraient des précurseurs d'arômes, qui se développent lors des étapes ultérieures des procédés de fabrication de certains produits. **Abe et Lindsay (1978)** ont montré que le micro-organisme intervenant principalement dans la fermentation est *Streptococcus faecium* qui produit les composés volatiles responsables de la flaveur du manioc fermenté (acétaldéhydes, éthanol, acétone et di acétyl). La durée de conservation des produits serait augmentée grâce à la présence d'acide lactique, et dans certains cas d'acide acétique (**Ampe et al., 1994**). Ceci limiterait considérablement le développement des micro-organismes indésirables ou pathogènes par leurs propriétés antiseptiques reconnues, et par la diminution du pH (**Brauman et al., 1995**).

L'état, au travers de ses multiples organes a entrepris d'accompagner les acteurs de la transformation du manioc, ceci dans le but de diffuser et d'augmenter la plus-value de ce produit. La stabilité de la qualité physico-chimique, sensorielle et microbiologique du bâton étant avec la rentabilité de la production de ces dérivés du manioc les objectifs visés par les pouvoirs publics, ce présent travail effectué au sein du GIC OTRTM a pour objectif général de d'évaluer l'efficacité technologique des pratiques de transformation paysannes du manioc en *bobolo*. Plus spécifiquement, il s'agira de :

- Etudier la rentabilité économique des opérations de transformations et de vente du *bobolo* au sein de ce GIC ;
- Etudier l'influence des variétés de manioc et des mélanges des variétés de manioc sur l'efficacité du procédé, les qualités physico - chimiques et sensorielles des *bobolo*.



**CHAPITRE II:  
RENTABILITE  
TECHNOLOGIQUE ET  
ECONOMIQUE DU GIC**

# I. Analyse du problème

## I.1. Présentation du GIC OTRTM

### *I.1.1. Généralités*

Le Groupement d'Initiative Commune des agriculteurs et éleveurs de Mbama (GIC OTRTM) a été créé en 2003 et enregistré en août 2007 à Bertoua par Mr NANGA Théodile Landry. Son siège social est situé à Mbama, petit village agricole de la région de l'Est, dans le département du Haut - Nyong et situé à environ 60km d'Abong - Mbang et à 30Km d'Ayos.

### *I.1.2. Structure du GIC*

Le GIC OTRTM comporte deux organes : un bureau exécutif et l'assemblée générale.

Les sessions de l'assemblée générale sont présidées par le Délégué. En cas d'empêchement ou de défaillance de ce dernier, il est remplacé par un autre membre du bureau. L'assemblée générale se réunit quatre fois par an en session ordinaire dont une en session annuelle dans la quinzaine du mois de Décembre. Cette assemblée générale se réunit sur convocation du délégué ou de la moitié des membres inscrits en cas de défaillance de ce dernier. Elle ne délibère que si le quorum de 2/3 des membres inscrits est atteint et les décisions sont prises à la majorité simple des membres présents ou alors par consensus. En cas d'égalité des voix, celle du délégué est prépondérante. Elle peut aussi se tenir en session extraordinaire en cas de besoin dans les mêmes conditions de convocation et de prise de décisions.

Le bureau exécutif est élu par l'assemblée générale et est chargé d'assurer la gestion courante du GIC et de rendre compte à l'assemblée. Ses membres sont élus au scrutin uninominal à la majorité simple à un tour si le nombre de candidats au poste est inférieur à trois, et à deux tours si le nombre de candidats au poste est supérieur ou égal à trois. Le mandat de chaque membre est de deux ans renouvelable. Le bureau exécutif compte actuellement huit personnes (avec 3 femmes) : un délégué, une vice – délégué, un secrétaire général, une vice – secrétaire général, une trésorière, un commissaire aux comptes et deux conseillers.

#### ➤ Activité dans le secteur manioc

Le GIC possède un champ communautaire d'une superficie de 1,5 hectare et le manioc récolté est utilisée pour la transformation (principalement les cossettes et la farine de



manioc et le *bobolo* comme activité secondaire). Le GIC comporte 135 membres dont seulement 30 impliqués dans la culture, la transformation et la commercialisation du manioc en divers produits. Les 105 autres membres sont impliqués dans la culture d'autres tubercules notamment le manioc, le plantain, et aussi la pêche.

### ***1.1.3. Mission***

La principale mission du GIC OTRTM est d'améliorer les conditions de vie de ses membres à travers les activités suivantes :

- Activité principale : Agriculture
- Autres activités : Elevage, pisciculture, commercialisation des produits, entraide.

La mise sur pied du PNDRT, du CCI/MINADER, a permis aux membres du GIC d'acquérir des formations sur les techniques culturales du manioc, ainsi que sur l'établissement des comptes d'exploitations pour un champ de manioc et sur la production des divers dérivés de manioc (*farine de manioc, bobolo, cossettes, water fufu* et gari).

### ***1.1.4. Produits distribués par le GIC OTRTM***

La mise sur pied des programmes nationaux de diffusion et de transformation du manioc, couplée aux formations reçues par les agriculteurs ont facilitées l'acquisition des équipements par ce GIC. Ces équipements ont permis à ce dernier de diversifier leur production, les produits distribués sont :

- Les *bobolo* : pâte fermentée cuite ;
- Les cossettes : manioc découpé, pressé et séché soit au soleil soit avec un séchoir avec comme source de chaleur le bois
- La farine de manioc ;
- Le fufu : farine fermentée destinée à la confection de mets traditionnels.

## **II. Diagnostic des pratiques techniques et des procédés au GIC OTRTM**

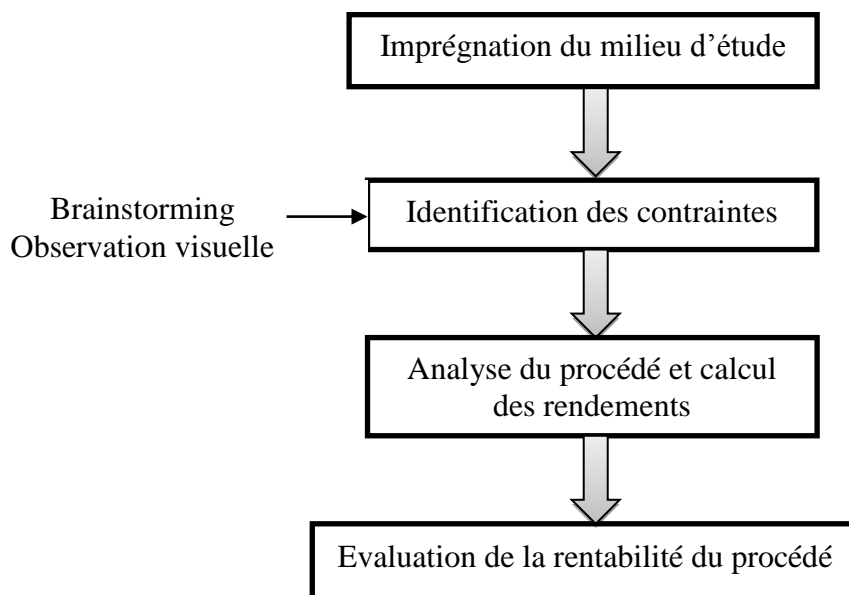
### **II.1. Introduction**

Avec l'arrivée du PNDRT en 2007, le GIC a été formé à la culture et à l'exploitation du manioc. A côté de ces formations, pour une meilleure application, il recevait du programme des tiges de manioc qu'ils devaient multiplier et revendre à ce dernier les au

prix de 10 Fcfa/milicetes. Après la fin du projet, ce fut l'arrivée du CCI/MINADER avec le don des équipements, la construction d'un bâtiment et les formations sur les procédés de transformations du manioc en divers produits (*bobolo*, cossettes, farine, gari, *water – fufu*). Malgré l'octroi de ces équipements, la production de ces dérivés du manioc n'a pas été régulière d'où la nécessité de cette partie dont le but a été d'étudier le fonctionnement du GIC en terme d'organisation et l'évaluation de la rentabilité du procédé.

## II.2. Méthode d'étude

La démarche à suivre pour cette première partie a été la suivante :



**Figure 4 :** Schéma général du travail

### II.2.1. Etat des lieux

Afin de ressortir les contraintes liées à la production, un état des lieux sur le système de production a été effectué. Cet état des lieux a été effectué en utilisant certains outils.

#### II.2.1.1. Outils

Le brainstorming couplé à l'observation visuelle des pratiques, s'est avéré une méthode adéquate pour l'identification des contraintes rencontrées par le GIC dans son activité. Le but du brainstorming est de recueillir le maximum d'informations par les personnes concernées afin d'identifier les contraintes majeures auxquelles s'attaquer. Le délégué et les membres actifs du GIC ont été interrogés.

### **II.2.1.2. Analyse du procédé et calcul des rendements**

L'analyse du procédé a consisté à détailler les différentes étapes de ce dernier ainsi que les intrants et les extrants, à calculer les rendements à chaque étape.

Le rendement global de la production a été par rapport à la pulpe, et le taux de production a été calculé par rapport à la racine fraîche.

$$\text{Rendement global} = \frac{\text{Masse de bobolo obtenue}}{\text{Masse de la pulpe}}$$

$$\text{taux de production} = \frac{\text{Masse de bobolo obtenue}}{\text{Masse de la racine fraîche}}$$

La masse moyenne d'un *bobolo* a été calculé à partir de la masse d'une production et du nombre de *bobolo* obtenu :

$$\text{masse de bobolo} = \frac{\text{masse d'une production}}{\text{nombre de bobolo}}$$

### **II.2.1.3. Calcul des coûts économiques**

Le calcul des coûts économiques a été fait en établissant un compte de résultat différentiel dans lequel figure les charges variables, les charges fixes, le chiffre d'affaire de l'activité de production. En plus du résultat, ce tableau fourni la marge sur coût variable (M/CV) qui permet de déterminer le seuil de rentabilité (SR) qui est le niveau à partir duquel l'activité devient rentable.

$$SR = \frac{\text{Charges fixes}}{\text{taux de M/CV}}$$

Sachant que 
$$M/CV = \frac{\text{Charges variables}}{\text{Chiffre d'affaire}}$$

$$CA = Qp * Pu$$

Avec:  $P_u$  = prix unitaire d'un *bobolo* ;  $Q_p$  = Quantité de *bobolo* mise sur le marché par l'entreprise et CA = chiffre d'affaire

## **II.3. Résultats et discussion**

### ***II.3.1. Pratique technique au sein du GIC***

#### ***II.3.1.1. Brainstorming et observation visuelle***

Il ressort du brainstorming que la principale contrainte liée à la production du *bobolo* a été la mauvaise organisation de l'activité qui a entraîné le découragement des acteurs impliqués car il n'en tire aucun profit. En effet, les femmes s'organisent pour produire selon un système rotatif et ce de façon irrégulière, et à chaque production le revenu intégral est reversé à celle qui est concernée, à côté de cela 10% du revenu est versé au GIC comme amortissement du coût des équipements.

#### **❖ La matière première**

Le manioc utilisé pour la production des *bobolo* provient du champ communautaire que possède le GIC. Trois variétés y sont cultivées (Balbine, Mbout, Djangue), avec un cycle de production estimé de 8 à 10 mois, mais elles sont laissées en terre et déterrées seulement lorsque le besoin de transformation se présente et sont utilisés selon leur disponibilité. Il est courant que des mélanges de variétés de racines soient effectués au cours d'une même transformation, d'où la nécessité d'examiner à quelle proportion des différentes variétés de racines obtient-on un rendement meilleur de production et une meilleure qualité de *bobolo*.

#### **❖ Les équipements**

La production au GIC OTRTM est de type semi – industriel. En effet, hormis quelques opérations unitaires motorisées, le reste est effectué manuellement (épluchage, tamisage, emballage). Les principaux équipements impliqués dans la chaîne de transformations du manioc en *bobolo* :

➤ Un broyeur motorisé de marque SELUNG ENGINEERING d'une puissance de 4.41Kw, une vitesse de rotation de 2600 rpm, d'un poids de 60Kg. Il permet de broyer la pulpe ramollie et défibré afin d'obtenir une pâte homogène et faciliter le tamisage.



**Photo 2 :** Broyeur motorisé

➤ Un presseur manuel de marque SELUNG ENGINEERING : Il permet de faciliter l'éliminer d'excès d'eau contenu dans le culot afin d'obtenir la pâte qui sera ensuite moulée dans les feuilles.



**Photo 3 :** Presse manuelle à vis

➤ Des fours à cuisson pour *bobolo* : le four de la photo 4A peut prendre jusqu'à 200 *bobolo*, et ne nécessitant pas de marmites ; tandis que la photo 4B nécessite une marmite et les deux utilisent le bois comme source de chaleur.



**Photo 4A :** Four à cuisson



**Photo 4B :** Four à cuisson

➤ Une balance d'une capacité de 200Kg pour peser les quantités de manioc utilisé afin de déterminer les rendements de production, des tamis pour le tamisage ainsi que des bacs de trempage.



**Photo 5** : Balance, tamis, bac de trempage et table de travail

#### ❖ Le procédé

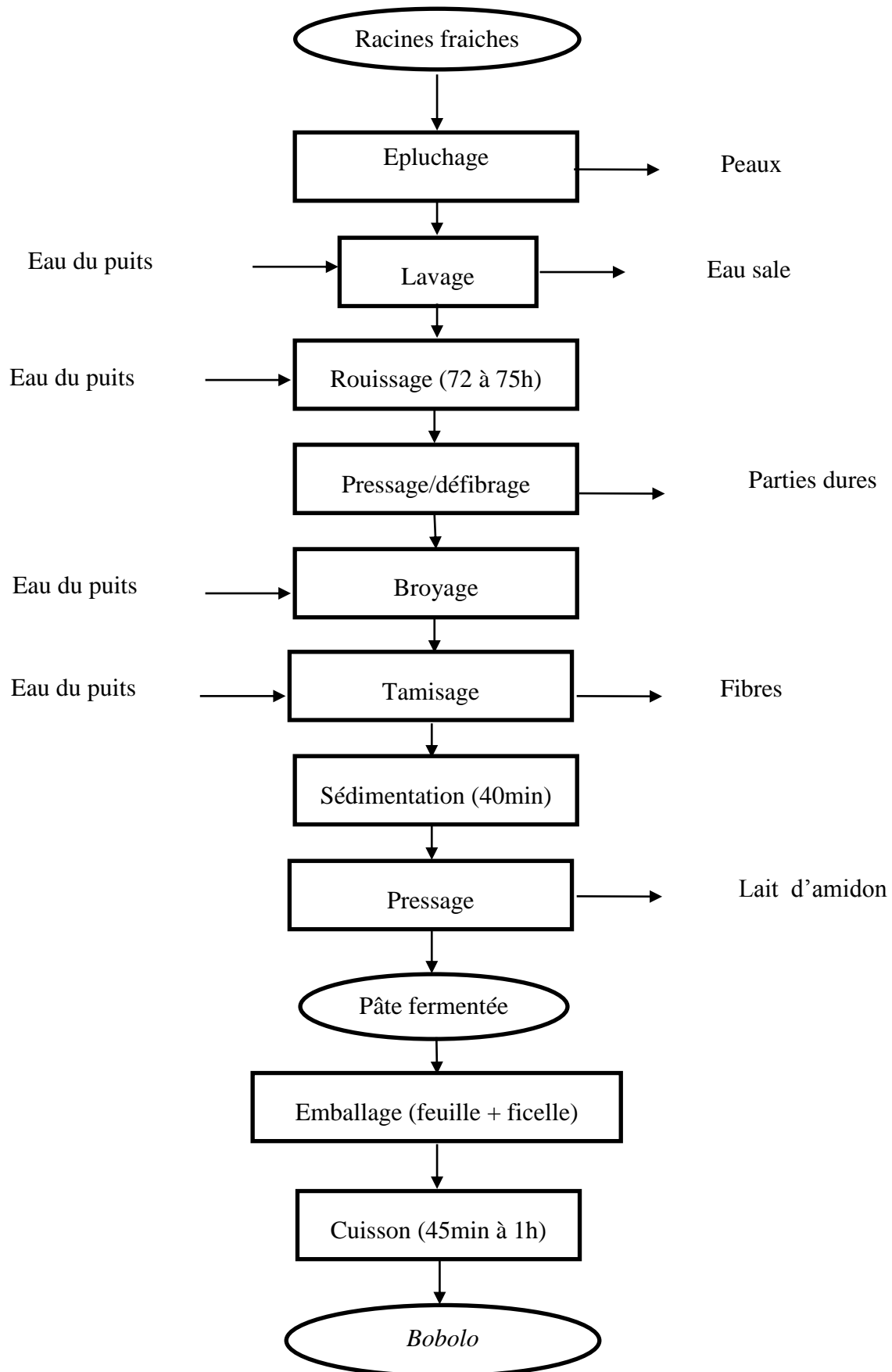
Une fois récoltées, les racines fraîches de manioc vont subir un certain nombre de transformations (figure 4).

#### **Epluchage**

Les racines de manioc fraîches ont été épluchées à l'aide des couteaux en acier inoxydable, et introduites dans des bassines remplies d'eau, ceci pour éviter que la terre ne colle sur les racines et ainsi faciliter le lavage. Cette opération a été évaluée en moyenne à 1min 43sec/Kg/opérateur.

#### **Lavage**

Les racines pelées ont été lavées à grande eau (eau du puits ou de pluie) à l'aide de mousses pour les débarrasser des salissures, et l'opération a été évaluée en moyenne à 50 s/Kg/opérateur et la consommation d'eau a été estimée en moyenne à 842ml/Kg.



**Figure 5:** Procédé de fabrication du bâton de manioc

## **Rouissage**

Il permet de réduire de façon importante la teneur en cyanure d'hydrogène. Cette étape favorise le ramollissement des racines de manioc afin d'en faciliter ultérieurement le défibrage et le broyage, et ceci a été fait dans l'eau pendant 72 à 75 heures, la quantité d'eau utilisée est estimée à 1250 ml/Kg de racines pelées. Il se produit un léger dégagement gazeux et développement d'une forte odeur.



**Photo 6:** Bac de trempage

## **Premier pressage**

Après ramollissement complet des racines, un pressage a été effectué soit manuellement, soit à l'aide de la presse manuelle (selon la quantité de racines rouies), cette opération prend en moyenne 1mn/Kg de racines fraîches. Ceci pour éliminer les parties qui n'ont pas ramollies.



**Photo 7:** Pressage

## **Défibrage**

Il permet d'éliminer les fibres centrales ainsi que les parties qui n'ont pas ramollies durant le trempage. Cette étape a durée en moyenne 45s/Kg/opérateur.





**Photo 8 : Défibrage**

### **Broyage**

Ensuite le broyage a été réalisé à l'aide d'une machine motorisée en y introduisant progressivement de l'eau (environ 268ml/Kg) et nécessite en moyenne 17s/Kg pour le broyage et permet d'obtenir une pâte homogène.



**Photo 9: Pâte obtenue après broyage**

### **Tamisage**

La pâte obtenue a été tamisée à l'aide des tamis de très petite taille en utilisant en moyenne 1136ml/Kg de racines non épluchées avec un temps estimé à 20 s/Kg de racines non épluchées. Le but étant d'éliminer toutes les fibres restantes dans la pâte. A la fin du tamisage un lait d'amidon a été obtenu.



**Photo 10: Tamisage**

## Sédimentation

Elle consiste en une décantation afin de recueillir l'amidon. Elle se fait pendant 40mn à température ambiante. Une fois la décantation effectuée le surnageant est éliminée et on recueille le culot qu'on passe à la presse.

## Deuxième pressage

L'amidon obtenu après sédimentation a été introduit dans des sacs propres et attachées avec des frondes, puis placé sur la presse afin d'éliminer l'eau et de la pâte fermentée a été obtenu, et ceci s'est fait en moyenne pendant 1mn16s/Kg de racines fraîches.



Photo 11:Pressage

## Emballage

Une fois la pâte obtenue, elle a été à nouveau pétrie avec de l'eau pour améliorer la texture. Elle a ensuite été emballée dans des feuilles (communément appelées *mifande* en langue locale) et ficelée soit avec des cordes de sacs, soit avec des cordes de bananiers. Le temps de l'emballage a été estimé à environ 41mn28s/Kg/opérateur. Cette activité est essentiellement féminine.



**Photo 12 :** Emballage des bâtons de manioc

### Cuisson

La cuisson a été effectuée dans des grandes marmites, sur du feu de bois (en moyenne le bois de 300F pour une cuisson de 18kg) pendant environ 45 à 60mn. Du *bobolo* prêt à la consommation a été obtenu.

**Tableau 5:** Rendement des opérations unitaires

<b>Production</b>	<b>Mbout (2ans)</b>	<b>Balbine (15mois)</b>	<b>Djangue (2ans 3mois)</b>	<b>mélange des 3 (2ans 3mois)</b>
Rendement de l'épluchage (%)	77,14	76,80	69,47	64,84
Rendement au défibrage (%)	66,67	98,48	94,44	77,78
Rendement de production (%)	48,77	63,12	61,36	55,42
Taux de production (%)	37,62	47,85	42,63	35,94
Poids moyen du bâton (g)	180	171	171	192
Prix de vente (Fcfa/Kg de <i>bobolo</i> )	140	150	145	130

De ce tableau il ressort que :

- Le rendement à l'épluchage varie entre 65% et 78% avec une moyenne de 72%, et le rendement au défibrage varie de 65% à 99%. Le constat fait a montré que les racines les moins âgées (15 mois) ont présenté moins de fibres que les racines d'environ deux ans

exception faite de Djangue qui a montré peu fibre. Cette observation a été due au fait que les racines de cette variété ont été des racines de petit volume ;

➤ Le rendement global de la production varie entre 48% et 64% avec une moyenne à 52.30%. Le manioc de moins de deux ans a fourni de meilleur rendement que le manioc de plus de deux ans car contient moins de fibres et moins de perte est observée lors de l'opération de tamisage. **Gavart** en 1992 a trouvé un rendement de production du *bobolo* de 58%. Cette différence est principalement due au procédé d'obtention avec le tamisage qui permet d'éliminer presque toute la totalité des fibres. Au regard du procédé, le *bobolo* obtenu est essentiellement constitué d'amidon fermenté avec un taux d'extraction variant de 35% à 48%. **Bell et al.** (2000) montre un taux d'extraction de l'amidon compris entre 20 et 25%. La différence observée dans les résultats est due à la technique du procédé et des équipements impliqués ;

➤ 2,5Kg de racines fraîches sont nécessaire pour produire 1Kg de *bobolo* avec un coût estimé en moyenne à 140Fcfa pour 1Kg de *bobolo*.

### ***II.3.2. Calcul des coûts économiques***

#### ***II.3.2.1. Evaluation du compte de résultat différentiel***

Cette évaluation a été effectuée en ne tenant compte que des équipements nécessaires pour la production du *bobolo*.

**Tableau 6:** Matériel nécessaire à la production des bâtons de manioc

Matériel de fabrication	Durée de vie	Prix unitaire (FCFA)	Quantité	Prix total (FCFA)	Amortissement Annuel (FCFA)
Presse à vis	6 ans	1000000	1	1000000	166670
Broyeur motorisé	6 ans	1500000	1	1500000	250000
Tamis	5 ans	5000	15	75000	15000
Balance (200Kg)	15 ans	160000	1	160000	10667
Balance (5Kg)	5 ans	5000	1	5000	1000
Fours de cuisson	15 ans	150000	3	450000	30000
Fût de trempage	5 ans	18000	10	180000	36000
Cuvette en aluminium	5 ans	5210	30	156250	31250
Couteaux	7 ans	1000	15	15000	2143
Marmites	7 ans	20000	5	100000	140,285
<b>Total</b>	-	-	-	<b>2741250</b>	<b>683015</b>

Le coût du matériel nécessaire à la production (tableau 6) est **2741250 Fcfa** avec pour frais d'amortissement annuel un montant de **683015 Fcfa**.

Le GIC possède la matière première (racine de manioc) dont elle a besoin ainsi que la main d'œuvre et les emballages (principalement les feuilles). La quantité mensuelle de *bobolo* que le GIC a pu produire a été estimée à 210Kg. Cette quantité a été évaluée par rapport à la disponibilité de la main d'œuvre et des quantités produites chaque semaine durant notre séjour.

Le champ communautaire du GIC se trouve de l'autre côté du village. Les deux parties sont séparées par le fleuve Nyong. Les paysans vendent généralement le filet de 50 Kg (qui en réalité pèse 100 à 115 Kg en moyenne) de manioc à 3000 Fcfa en saison de pluie et à 4000 - 5000Fcfa en saison sèche, ceci à cause de la traversée du fleuve qui est plus facile en saison de pluie qu'en saison sèche car le transport est plus facile du champ au lieu de production par traversée en pirogue. Dans ces conditions le prix du Kg de racine est évalué à 30 - 40Fcfa.

Pour ce qui est des dépenses impliquées dans la production du *bobolo*, la fabrication d'un Kg de bâton de manioc nécessite en moyenne 2,5Kg de racines fraîches, 3h36mn (hormis le temps de trempage) et 8,7L d'eau. Dont pour 210Kg de *bobolo* nous aurons besoin de 525Kg de racines, 4570L d'eau. Le broyeur consomme 250ml de gasoil pour écraser 30Kg de racines fraîches, dont pour 525Kg de racines 4,5L de gasoil seront nécessaires et en moyenne le bois de 300F pour une cuisson de 30Kg de produit conditionné. Etant donné que le temps de trempage ne varie pas quelque soit la quantité, pour produire 210Kg de *bobolo*, le temps sera estimé à environ 22 jours.

**Tableau 7:** Coût de production mensuel des *bobolo*

	Quantité pour 210 kg de bâtons	Prix unitaire (F CFA)	Prix total (F CFA)
<b>Matières premières</b>			
<b>Racines de manioc</b>	525Kg	30 – 40	15750 – 21000
<b>Total</b>			<b>15750 – 21000</b>
<b>Matières consommables</b>			
<b>Gasoil</b>	4,5L	450	2025
<b>Bois</b>	-	-	2100
<b>Emballages</b>	6 paquets de 200 feuilles	300	1800
<b>Total</b>			<b>21675 – 26950</b>
<b>Imprévus</b>			<b>2000</b>
<b>Total général</b>			<b>23675 – 28950</b>

L'investissement total est la somme du coût du matériel nécessaire à la production et du coût de production qui s'élève à  $2741250 + 26325 = 2.767.575$  Fcfa

### ***II.3.2.2. Evaluation de la rentabilité du procédé***

Le tableau 8 permet d'évaluer le profit suite à une production mensuelle, et d'estimer ainsi le seuil de rentabilité. Pour le faire chiffre le d'affaire du GIC a été estimé par le produit du prix unitaire ( $P_u$ ) du *bobolo* à la sortie d'usine par la quantité du bien mis sur le marché par l'entreprise ( $Q_p$ ) au cours d'une période considérée habituellement d'un an.

**Tableau 8:** Compte de résultat différentiel mensuel de la production des *bobolo*

		Montant (FCFA)	Différence	%
	Chiffre d'affaires (CA)	29400	29400	<b>100</b>
Charges variables (CV)	Matières premières	18375		
	Gasoil	2025		
	Emballages	1800		
	Bois	2100		
	Autres	2000		
<b>Total</b>		<b>26300</b>	-26300	<b>10,54</b>
<b>Marge sur coût variable (M/CV)</b>			<b>3100</b>	<b>89,46</b>
Charges fixes (CF)	Salaires	10000		
	Amortissement mensuel	56920		
<b>Total</b>		<b>66920</b>	-66920	-
<b>Résultat</b>		-	<b>-63820</b>	-

Sachant que : Résultat = CA- (CF+CV)

**SR = 74805Fcfa**

Le constat fait au regard du tableau 8 a montré que le procédé de production du *bobolo* au sein du GIC OTRTM n'est pas rentable. Le résultat obtenu a été négatif (-63820Fcfa). Pour que ce procédé soit rentable, il faudrait arriver à un chiffre d'affaire supérieur à **74820Fcfa**. Pour y parvenir un certain nombre d'ajustements peuvent être envisagés :

- Augmenter le chiffre d'affaire en augmentant les quantités produite ;

- Revoir à la hausse le prix de vente d'un *bobolo*, pour ce faire il faudrait étendre la zone de commercialisation (couvrir la zone d'Ayos jusqu'à Abong – Mbang) ;
- Réduire le prix d'achat de la matière première et du bois.

Vu la qualité du *bobolo* obtenu, des opportunités peuvent être envisagées, c'est le cas par exemple de l'achat du *bobolo* au prix de 3 *bobolo* à 100F au lieu de 4 à 100F, ceci pour une revente à Kyé – osi. Ses opportunités augmentent la quantité de productions qui est en moyenne de 600 à 900 *bobolo* par semaine.

#### **II.4. Proposition pour l'amélioration de la production**

Pour une meilleure organisation de la production, le GIC devrait travailler avec un personnel composé essentiellement de jeunes qui ne pratique pas l'agriculture comme activité principale. L'agriculture étant par ailleurs la principale activité des membres du GIC, ce dernier pourrait passer des contrats avec ses agriculteurs pour l'acquisition de la matière première (manioc et feuille), ce qui encouragerait ceux – ci à produire d'avantage et ainsi avoir un revenu conséquent.

Pour une gestion transparente et méthodique des revenus, le GIC devrait mettre sur pied un comité de commercialisation dont les objectifs seraient:

- Prospecter les marchés potentiels pour la vente des *bobolo* dans les villes les plus proches de Mbama (Ayos, Abong – Mbang et au besoin Yaoundé) ;
- Créer des point de vente dans les marchés (Ayos et Abong – Mbang) pour les *bobolo*.

Les différentes étapes de la production et de la commercialisation en groupe peuvent être répartir ainsi :

- ✓ L'acquisition de la matière première provenant de divers agriculteurs du village et la transformation de cette dernière en *bobolo*;
- ✓ Le transport des produits;
- ✓ La vente : La vente doit être effectuée par l'agent commercial;
- ✓ une bonne gestion et contrôle de l'opération : Pour faciliter la gestion et le contrôle, certains documents doivent être utilisés par le comité de commercialisation et la synthèse doit être faite par la trésorière.

- Un cahier de commercialisation où sont enregistrés:
  - Le nombre de *bobolo* mis à disposition pour la vente ;
  - Les coûts de transport ;




- Les frais administratifs sur les marchés selon le lieu de vente ;
- La prise en charge des membres affectés à la vente.


- Un cahier de recette où sont mentionnés les recettes brutes et les recettes nettes et ce qui revient aux membres ayant participé à l'opération (depuis la récolte jusqu'à la transformation).

En tenant compte de la durée de chaque opération unitaire, une production journalière de 1000 *bobolo* pourrait être envisagée avec un effectif de 15 personnes (12 femmes et 3 hommes). Aussi pour rehausser la production et minimiser le coût d'achat de la matière première, le champ communautaire (1,5 hectares avec un rendement estimé à 10 à 12 tonnes à l'hectare) que possède le GIC pourrait être exploité et tout le personnel devrait intervenir de la récolte jusqu'à la transformation. Selon le calendrier de production du tableau 9, un compte d'exploitation annuel a pu être établi avec comme salaire journalier 2000Fcfa/personne et une production mensuelle estimée à 20 jours soit 240 jours/ an. A l'avenir, le GIC pourrait participer à l'acquisition de la matière première afin de réduire le prix d'achat de cette dernière. Le coût de transport sera affecté à l'achat du carburant pour le déplacement car le GIC possède un tricycle qui faciliterait le transport. Le prix de vente sera fixé à 75Fcfa en considérant une vente au grossiste essentiellement. Avec le calendrier de production établi, la quantité produite annuelle pourra être estimée à 264.000 *bobolo*.

**Tableau 9:** Calendrier de production mensuel

	semaine 1							semaine 2							semaine 3							semaine 4						
	L	M	Me	J	V	S	D	L	M	Me	J	V	S	D	L	M	Me	J	V	S	D	L	M	Me	J	V	S	D
<b>Prod 1</b>	Prod	Prod	Prod	Prod																								
<b>Prod 2</b>				Prod	Prod	Prod	Prod	Prod	Prod	Prod	Prod	Prod	Prod															
<b>Prod 3</b>														Prod	Prod	Prod	Prod	Prod	Prod									
<b>Prod 4</b>																				Prod	Prod	Prod	Prod	Prod	Prod	Prod		

 : Pas de trempage

 : Fin de la production de la semaine

Prod : production

**Tableau 10:** Coup de production annuel du *bobolo*

	<b>Quantité pour 240.000 <i>bobolo</i></b>	<b>Prix unitaire (F CFA)</b>	<b>Prix total (F CFA)</b>
<b>Matières premières</b>			
<b>Racines de manioc</b>	210.000 Kg	30	6.300.000
<b>Total</b>			<b>6.300.000</b>
<b>Matières consommables</b>			
<b>Gasoil</b>	1750L	450	787.500
<b>Bois</b>	-	850.000	850.000
<b>Emballages</b>	2400 paquets de 200 feuilles	300	720.000
<b>Essence pour transport</b>	-	432.000	432.000
<b>Total</b>			<b>9.089.500</b>
<b>Autres</b>			
<b>Imprévus</b>			<b>120.000</b>
<b>Total général</b>			<b>9.209.500</b>

**Tableau 11:** Compte de résultat différentiel

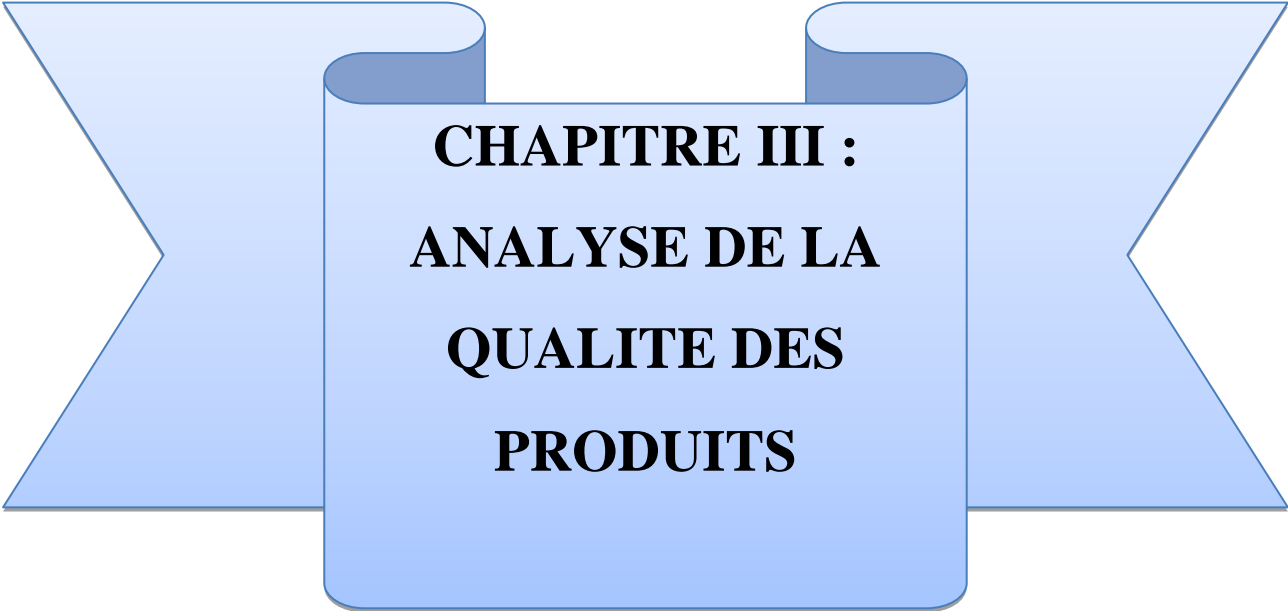
		Montant (FCFA)	Différence	%
	Chiffre d'affaires (CA)	18.000.000	18.000.00	<b>100</b>
Charges variables (CV)	Matières premières	6.300.000		
	Gasoil	787.500		
	Emballages	720.000		
	Bois	850.000		
	Essence	432.000		
	Autres	120000		
<b>Total</b>		<b>9.209.500</b>	- 9.209.500	<b>48,84</b>
<b>Marge sur coût variable (M/CV)</b>			<b>8.790.500</b>	<b>51,16</b>
Charges fixes (CF)	Salaires	7.920.000		
	Amortissement annuel	683.015		
<b>Total</b>		<b>8.603.015</b>	8.603.015	-
<b>Résultat</b>		-	<b>187.485</b>	-

**SR = 16.815.900 Fcfa**

## Conclusion partielle

De ce qui précède, le GIC OTRTM est une unité pratiquement semi – industrielle (. Le rendement global de production du *bobolo* (taux de production) a été évalué à 40% rendement inférieure à celui trouvé par **Gavard (1992)** qui a été de 58%. Cette différence est essentiellement liée au procédé de fabrication et des équipements entrant dans la production.

Par ailleurs un compte d'exploitation mensuel a montré que le procédé d'obtention du *bobolo* n'est pas rentable (solde négatif – **63.820Fcf**), ceci serait dû à une mauvaise organisation et une production irrégulière. Pour rendre la production rentable des propositions ont été faite au niveau de l'organisation et de la production et le constat fait a montré qu'en adoptant ces propositions le GIC enregistreraient un solde annuel de **187.485Fcf**. Cependant une question nous vient à l'esprit, est – ce que le *bobolo* produit au sein de cette petite unité serait de bonne qualité, d'où l'intérêt du chapitre III dont le but serait de caractériser le *bobolo*, sur le plan physico – chimique et sensoriel à partir de trois variétés locales, de même de voir l'influence du mélange de ces trois variétés en proportions différentes ( $1/3 - 2/3$ ,  $1/2 - 1/2$  et  $1/3 - 1/3 - 1/3$ ) sur l'acceptabilité du *bobolo*.



**CHAPITRE III :  
ANALYSE DE LA  
QUALITE DES  
PRODUITS**

Cette détermination de la qualité a consisté en la détermination de la qualité physico-chimique et de la qualité sensorielle des *bobolo* fait avec trois variétés locales (Balbine, Mbout et Djangue) et le mélange de ces trois variétés en proportion différentes (tableau 12). Le but de faire des mélanges a été de voir l'influence de ces derniers sur l'acceptabilité du produit fini et cela s'est fait par une analyse texturale et sensorielle. Les échantillons ont été prélevés au sein du GIC OTRTM notamment les cossettes, les pâtes fermentées et les *bobolo*. Pour cela les racines fraîches des trois variétés (Balbine, Mbout et Djangue) ont été épluchées, lavés et séché au soleil puis conservés dans les enveloppes pour une meilleure conservation. De même après le pressage, les pâtes fermentées ont été prélevés puis séché au soleil et conservé dans des enveloppes. Les échantillons de *bobolo* prélevés au sein du GIC ont été conservés dans la chambre froide de l'ENSAI à -18°C pour analyse. Pour les analyses, un pré – traitement a été effectué et a consisté à retirer les *bobolo* de la chambre froide, laisser décongelé pendant une heure, puis réchauffé à la vapeur en utilisant une plaque chauffante. Une fois réchauffé, les *bobolo* ont été refroidis puis découpé en petit dé et séché à 40°C pendant 24 heures. Enfin les *bobolo* séchés ont été préalablement broyés à l'aide d'une machine à main et la farine obtenue a été à nouveau broyé à l'aide d'un broyeur à marteau (culatis) ; la farine obtenue a été utilisée pour les différentes analyses physico – chimiques.

**Tableau 12:** Proportion de mélange des différentes variétés

Balbine	3/3	/	1/3	2/3	1/3	2/3	/	/	1/2	/	1/2	1/3	
Mbout	/	3/3	/	2/3	1/3	/	/	1/3	2/3	1/2	1/2	/	1/3
Djangue	/	/	3/3	/	/	2/3	1/3	2/3	1/3	/	1/2	1/2	1/3

## I. Caractérisation physico – chimique

### I.1. Détermination de la teneur en matière sèche des cossettes, farines fermentées et *bobolo*

La teneur en matière sèche des farines a été déterminée par la méthode AOAC (1990).

#### ➤ Principe

Il est basé sur la déshydratation du produit à 105°C jusqu'à poids constant,

➤ **Mode opératoire**

5 g de chaque échantillon ont été mesuré en utilisant une balance et une coupelle ( $M_1$ ), L'ensemble a été placé à l'étuve à 105°C (marque : Memmert) et laissé séché jusqu'à obtention d'un poids constant, Après refroidissement dans un dessiccateur, l'ensemble (coupelle + produit séché) a été à nouveau pesé ( $M_2$ ), La teneur en eau représente la différence de masse avant et après séchage à l'étuve, La procédure a été faite en triplicate,

➤ **Expression des résultats**

La teneur en matière sèche est calculée avec la formule suivante:

$$MS(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

Ou :  $M_0$  = masse de la nacelle à vide,  $M_1$  = masse de l'échantillon + nacelle avant séchage,  $M_2$  = masse de la nacelle + échantillon après séchage,

$$TE\% = 100 - MS$$

## **I.2. Teneur en amidon, amylose et amylopectine des cossettes et farines fermentées**

La teneur en amidon a été déterminée en utilisant la méthode décrite par **Dicko (2006)**.

➤ **Principe**

L'iode ( $I_2$ ) interagit avec l'amylose et l'amylopectine pour donner une coloration respectivement bleue et brune. Les spectres des complexes  $I_2$ -amylose et  $I_2$ -amylopectine sont différents, De ce fait ces complexes ont des longueurs d'ondes maximales pour l'amylose ( $\lambda_{max} = 630 \text{ nm}$ ) et l'amylopectine ( $\lambda_{max} = 548 \text{ nm}$ ) qui sont différentes. En plus l'amylose absorbe dans le proche visible tandis que l'amylopectine n'y absorbe pas. On peut donc utiliser cette différence spectrale pour doser simultanément l'amidon total, l'amylose et l'amylopectine dans un matériel biologique. Dans cette manipulation, on a considéré que l'absorbance à 580 nm est liée à la fois à l'amylose et à l'amylopectine (amidon total), par contre l'absorbance à 720 nm est liée essentiellement à l'amylose.

➤ **Mode opératoire**

### **Préparation de la gamme étalon**



0,5g d'amidon pur a été dilué dans 20ml d'eau distillé, 80ml d'eau distillé chaude ont été ajoutés, l'ensemble a été légèrement agité et laissé bouillir pendant 5 minutes dans un bain marie pour obtenir une solution trouble d'amidon. Le mélange a été refroidi et le volume a été complété jusqu'à 100ml avec de l'eau distillé. Cette solution a constitué la solution stock d'amidon à 5mg/ml. La préparation de la gamme étalon a été faite ainsi :

Réactif/tube	Blanc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amidon (5 mg/ml) en ml	0,0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
H <sub>2</sub> O (ml)	4,9	4,89	4,88	4,87	4,86	4,85	4,84	4,83	4,82	4,81	4,8
I <sub>2</sub> /KI (ml)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Incubation	10 minutes avant la lecture de la densité optique										
D,O 580 nm											

### Préparation de l'échantillon

0,1 g de farine a été prélevé et introduit dans un tube à essai, 5 ml de KOH 1N ont été ajoutés. La solution a été bien homogénéisée à la température ambiante, puis neutralisée avec 5 ml de HCl 1 N. La neutralité de la solution a été assurée à l'aide d'un pH - mètre, Le mélange a ensuite été mis en ébullition au bain-marie pendant 15 min. Le volume du mélange a été réajusté à 10 ml, Le mélange a été centrifugé à 3500trs/min pendant 10 minutes à 10°C (Biofuge) et le surnageant a été récupéré. 0,05ml du surnageant a été prélevé et introduit dans un tube à essai. 4,85ml d'eau distillé ont été ajoutés puis 0,1 ml de Lugol. Le mélange a été incubé pendant 10 minutes et l'absorbance a été lu à 580nm pour l'amidon et 720nm pour l'amylose (Spectrophotomètre JENWAY 7310, United Kingdom).

#### ➤ Expression des résultats

L'amidon total dans l'échantillon est calculé comme suit :

$$D.O = m(X) + C$$

Où x = concentration en amidon dans l'échantillon ; m = gradient et C = intersection à Y

$$X = \frac{D.O - C}{m}$$

$$\% \text{ amidon} = \frac{X \times V_T}{V_p \times m \times MS} * 100$$

Où  $V_T$  = volume total du tube à essai (5 ml),  $V_p$  = volume prélever (0,05ml),  $m$  = masse prélever (0,1g),

### **I.3. Détermination de la teneur en cendres totales des cossettes, farines fermentées et bobolo**

Les cendres totales dans les farines ont été mesurées utilisant la méthode **AACC (1999)**.

#### ➤ **Principe**

Elle consiste à incinérer complètement un échantillon jusqu'à obtention des cendres blanches dans un four à moufle réglé à 550 °C.

#### ➤ **Mode opératoire**

5g d'échantillon ont été pesé ( $M_1$ ), séché à l'étuve à 105°C pendant 24h. Le produit sec a été à nouveau pesé avec un creuset ( $M_2$ ) et incinéré dans un four à 550°C (PROLABO, N° 51248) pendant 6h jusqu'à obtention d'une poudre blanche. Après incinération, les creusets ont été retirés à l'aide des pinces, puis refroidis dans l'atmosphère d'un dessiccateur et pesé ( $M_3$ ).

#### ➤ **Expression des résultats**

Les Cendres totales pour 100g de matières sèche ont été calculées ainsi:

$$\% \text{ cendre} = \frac{M_3 - M_0}{M_1 \times MS} \times 100 \times 100$$

Où  $M_0$  est la masse du creuset à vide

$MS$  est la matière sèche pour 100g d'échantillon

### **I.4. Détermination de pH et de l'acidité titrable des cossettes, farines fermentées et bobolo**

Le pH et l'acidité titrable des produits alimentaires est déterminée par dosage avec la soude en utilisant la méthode de **Tetchi et al., (2012)**.

### ➤ Principe

Le pH et l'acidité titrable permettent de mesurer l'acidité des échantillons (tous les acides organiques présents dans le produit),

### ➤ Mode opératoire

5g d'échantillon ont été introduit dans un erlenmeyer de 50 mL et 20 mL d'eau distillée ont été ajoutées. Puis l'ensemble a été homogénéisé et complété au trait de jauge avec de l'eau distillée. L'ensemble a été vigoureusement agité à l'aide d'un agitateur à bras (GRIFFIN) pendant 20 minutes, puis centrifugé à 3000trs/min pendant 10 minutes à 10°C (centrifugeuse Heraeus - Kendro Biofuge primo D-37520, Germany). Le surnageant a été récupéré et une partie a été utilisée pour la détermination du pH (pH – mètre EUTECH Instruments). Une autre partie a été utilisée pour la détermination de l'acidité totale. Pour cela 3 gouttes d'indicateur coloré (Phénolphthaléine) ont été ajoutées à 10 ml de surnageant et la solution a été titré avec une solution de soude à 0,1M. La réaction a été arrêtée une fois qu'on ait obtenue une coloration rose claire persistante.

### ➤ Expression des résultats

La quantité d'acide dans 100g de MS a été calculée ainsi :

$$A = \frac{C * V}{m * MS} * 100 * 100$$

A = acidité du *bobolo* en mmol/100g MS

C = concentration de la solution de NaOH en mmol/ml

V = Volume de la solution de NaOH en ml

m = masse de *bobolo* en g

## **I.5. Détermination de la teneur en cyanure des cossettes, farines fermentées et *bobolo***

La détermination du cyanure total dans les échantillons a été faite en utilisant la méthode de **Makkar, Siddhuraju et Becker (2007)**.

### ➤ Principe

L'acide hydrocyanidrique réagit avec l'hydroxyde de potassium pour former le cyanure de potassium, qui donne en présence d'une solution alcaline de picrate de sodium une coloration rouge dont l'intensité est mesurée à 520nm.

➤ **Mode opératoire**

**Préparation de la gamme étalon**

La gamme étalon a été préparée en utilisant le cyanure de potassium (241mg de KCN dans 1L d'eau distillé, correspondant à une concentration de 100µg/ml en équivalent HCN), A partir de la solution stock une dilution au dixième a été faite en faisant varier la concentration de KCN de 1 à 10µg/ml équivalent HCN,

Réactif /tube	Blanc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KCN (10µg/ml)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Eau (ml)	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0
Solution alcaline de picrate	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Chauffage 5min au bain marie bouillant pour laisser la coloration se développer

D,O à 520nm

**Préparation de l'échantillon**

4g de chaque farine ont été prélevés et introduit dans 125 ml d'eau distillée puis laissés macérer pendant 4 h pour permettre l'hydrolyse des glycosides cyanogénétiques. Puis 2 ml de chloroforme ont été ajoutées au mélange et l'ensemble a été distillé, le distillat a été recueilli dans un bécher contenant 5 ml de KOH 2%. Une fois que 20 ml de distillat étaient obtenu, la distillation était arrêtée et le volume complété à 50 ml avec de l'eau distillée. 5ml du mélange ont été pipetées et introduit dans un bécher puis 5 ml de la solution alcaline de picrate ont été ajouté, le mélange ainsi constitué a été porté à ébullition dans un bain marie bouillant pendant 5 minutes pour laisser la coloration se développer. Enfin l'intensité de la coloration a été mesurée à 520nm (Spectrophotomètre JENWAY 7310, United Kingdom). Le blanc a été réalisé en introduisant 5ml d'eau distillé et 5ml de solution alcaline de picrate.

➤ **Expression des résultats**

$$THCN = \frac{50 * x * 100}{m * MS}$$

THCN = teneur en cyanure (µg/100g MS ou mg/Kg MS)

x = concentration obtenue à partir de la courbe d'étalonnage dans un volume de 10ml

m = masse de la farine prélevée

MS = matière sèche de la prise d'essai

**I.6. Détermination de la teneur en fibres brutes des cossettes et bobolo**

Les fibres brutes ou fibres insolubles regroupent la cellulose, quelques hémicelluloses, la lignine. La teneur en fibres brutes des échantillons a été déterminée par la méthode de **(Wolff, 1968)**.

➤ **Principe**

La méthode consiste à une hydrolyse de l'échantillon par l'acide sulfurique, un traitement alcalin et subséquentement une incinération du résidu,

➤ **Mode opératoire**

1g d'échantillon a été introduit dans un bécher contenant 20ml d'acide sulfurique 0,26N, Le mélange a ensuite été porté à ébullition pendant 30 minutes puis filtré. Au résidu a été ajouté 20ml de KOH 0,23N puis le mélange a été à nouveau porté à ébullition pendant 30 minutes. Après filtration, le résidu a été lavé 3 fois à l'eau distillée chaude et 2 fois à l'acétone, l'insoluble obtenu a été séché à 105°C pendant 8 heures et pesé (M<sub>1</sub>). Ce résidu sec a été soumis à une incinération à 550°C pendant 3 heures et les cendres ont été pesées (M<sub>2</sub>).

➤ **Expression des résultats**

La teneur en fibres brutes (g/100g MS) sera donnée par la relation suivante:

$$F = (M_1 - M_2) * 100 * 100 / [M * (100 - T_e)] \text{ avec } T_e: \text{ teneur en eau des échantillons,}$$

M= masse de l'échantillon brut

## II. Caractérisation fonctionnelle

### II.1. Degré de gélatinisation

Il a été déterminé en utilisant la méthode de Cabrera et *al.*,

#### ➤ Principe

La chaleur entraîne le gonflement des grains d'amidon qui entraîne une déstabilisation de la partie semi – cristalline et le degré de gélatinisation est mesuré par absorbance en présence d'une solution de Lugol.

#### ➤ Mode opératoire

Une gélatinisation totale de trois variétés de manioc a été effectuée en portant ceux – ci à 100°C pendant 30 minutes dans un bain marie. Pour cela 0,1g de chaque variété a été pesé et introduit dans des tubes à essais, par la suite 10ml d'eau distillé ont été ajoutée puis homogénéiser. Le mélange ainsi constitué a été introduit dans un bain marie à 100°C pendant 30minutes, temps estimé suffisant pour permettre la gélatinisation totale de l'amidon qui s'y trouvait. La solution a été refroidie à température ambiante, puis centrifugé à 3000trs/min pendant 10minutes à 10°C (centrifugeuse Heraeus - Kendro Biofuge primo D-37520, Germany). A 1ml du surnageant, l'on a ajouté 2ml d'une solution de Lugol mère diluée 100 fois, puis l'absorbance a été lue à 620 nm (Spectrophotomètre JENWAY 7310, United Kingdom). La densité optique ainsi obtenue correspond à une gélatinisation totale, soit 100%, Afin de mesurer le degré de gélatinisation des maniocs, l'on a prélevé également 0,1g de chacune des trois variétés qui a été introduit dans des tubes à essais et 10ml d'eau distillé ont été ajoutés, puis l'ensemble a été chauffé à des températures allant de 50°C à 90°C avec un pas de 10°C pendant 10minutes. Le mélange obtenu a été centrifugé à 3000trs/min pendant 10minutes à 10°C. Ensuite 1ml du surnageant a été prélevé, auquel l'on a ajouté 2ml de Lugol diluée 100 fois. La densité optique a été lue par la suite à 620nm (Spectrophotomètre JENWAY 7310, United Kingdom).

#### ➤ Expression des résultats

$$Dg = \frac{100 (D.O - D.Oo)}{D.O100 - D.Oo}$$

## II.2. Texture

### ➤ Principe

Le test de pénétrométrie est couramment utilisé pour évaluer les propriétés texturales des aliments (**Gregson et al., 1999**). Dans ce test, une sonde est insérée dans l'échantillon et la force nécessaire pour atteindre une certaine profondeur de pénétration est mesurée, La valeur de la force constitue une mesure de la fermeté (**Bourne, 2002**).

### ➤ Mode opératoire

Durant le test de pénétrométrie, à l'aide d'un pénétromètre de marque BROOK FIELD LFRA TEXTURE ANALYSER un test normal a été effectué. Pour ce faire une sonde aiguille et une sonde conique apparentée à une canine ont été inséré dans le produit avec une sensibilité de 1g ; une profondeur de 2 cm (soit 80% de l'épaisseur du *bobolo*) et une vitesse de 0,5mm/s. Un afficheur numérique donne la force de parcours lors de la pénétration (*peak load*) et la force de fin de parcours (*final load*). Ces deux forces sont exprimées en g et chaque mesure est effectuée en triple. Pour obtenir la force en Newton (N) la conversion 1g = 0,102N a été utilisée.

## II.3. Profil de gélatinisation (Rapid Viscosimetric Analysis)

Les propriétés d'empesage ont été déterminées d'après la méthode décrite par (**AACC, 2000**). Les profils de viscosité à chaud des dispersions d'amidon roui de manioc ont été investigués en utilisant un *Rapid Visco Analyser* (RVA) modèle Tec Master (Perten Instruments, Australie). Le profil standard 1 a été sélectionné. La viscosité a été enregistrée en utilisant le profil de température suivant : un mélange préalable à 960 trs.min<sup>-1</sup> pendant 10s, maintien à 50°C pendant 1 min, chauffage de 50 à 95°C à 6°C.min<sup>-1</sup>, maintien du plateau de 95°C pendant 2 mn 30s et refroidissement à 50°C à 6°C.min<sup>-1</sup> et utilisant des dispersions 10% (p/v) et puis maintien à 50°C pendant 2 min . Six paramètres ont ainsi été mesurés sur le viscoamylogramme : la température d'empesage (PT), le pic de viscosité (PV), le temps lié au pic de viscosité (PVT), la viscosité minimale à chaud de la pâte (HPV). Il y'a également la viscosité de la pâte refroidie à 50°C (CPV), la chute de viscosité ou *breakdown* (BD) qui exprime le niveau de stabilité de l'empois traité et la reprise de viscosité ou *setback* (SB)

estimé par CPV-HPV qui exprime la tendance à la rétrogradation. Un paramètre additionnel a été calculé : aptitude à la cuisson (CA).

## **III. Evaluation sensorielle**

### **III.1. Sélection des juges**

Dans le cadre de notre travail, 19 panelistes ont été choisis au hasard au sein du campus sur la base de leur fréquence de consommation de *bobolo* et la connaissance de ce dernier.

### **III.2. Choix des descripteurs et entraînement**

La première séance a consisté à entretenir et à former le panel sur le but de l'analyse. Au cours de cette séance, des échantillons pris au hasard parmi la totalité de ces derniers ont été préparés et présentés aux panélistes de manière non codée, ce qui a permis de générer le vocabulaire du produit (annexe 1). A l'issue de cette séance, les descripteurs suivants ont été retenus : couleur de la surface, présence de tâche à la surface (points de couleur multiforme), couleur de la section /tranche, texture de la tranche (présence de fibres à l'œil), porosité de la tranche (présence de pores au niveau de la section), collant au toucher, élasticité au toucher (quand on presse le *bobolo* entre deux doigts), tendreté, odeur global, odeur spécifique de *bobolo*, goût sucré, goût acide, flaveur (goût sucré croissant), goût de feuille (parfum de feuille), goût de cuit, texture en bouche (présence de fibre dans la bouche), texture caoutchouteuse dans la bouche (résistance à la mastication et intègre aussi la résistance à la morsure). Ensuite une deuxième séance a été organisée afin de tester la performance individuelle des juges (pré –test). Pour y parvenir trois échantillons parmi les 14 échantillons ont été présentés aux juges de façon codée et les échantillons ont été analysés individuellement par chacun des juges. Le but de ce pré – test étant de retenir les meilleurs juges pour l'analyse sensorielle proprement dite.

### **III.3. Test d'évaluation sensorielle**

14 échantillons de *bobolo* ont été préparés à partir de trois variétés locales ainsi que le mélange de ces trois variétés en proportions différentes et présentés simultanément aux panélistes de manière codée, accompagnés d'un verre d'eau et du pain pour enlever le goût du *bobolo* avant d'évaluer l'échantillon suivant. Les juges devaient, pour chaque descripteur, placer les échantillons de *bobolo* sur une échelle graduée en fonction de l'intensité croissante de la perception. Le vocabulaire adopté le premier jour a servi à la conception des fiches pour l'analyse sensorielle (annexe 2).



## IV. Analyse statistique

Toutes les mesures ont été effectuées trois fois. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel Statgraphics Centurion XVI.I et les courbes tracées par Sigma Plot 11.0. Les comparaisons entre les variables dépendantes ont été effectuées à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA) et du test de Duncan. Les analyses en composantes principales (ACP) et les corrélations entre différents facteurs et variables ont été réalisées grâce au logiciel XLSTAT 2007. La signification statistique a été définie au seuil  $P < 0,05$ .

## V. RESULTATS ET DISCUSSION

### V.1. Propriétés physico – chimiques et fonctionnelles des cossettes, pâtes fermentées crues et cuites de manioc

#### V.1.1. Teneur en matière sèche, cendres totales, fibres totale, amidon et HCN des cossettes, pâte fermentée et bobolo

Les teneurs en amidon, amylose et quelques composés mineurs des cossettes de manioc, des pâtes fermentées et des *bobolo* issues de trois variétés locales (Balbine, Mbout, Djangue) sont présentées dans le tableau 13.

Les cendres représentent un ensemble de minéraux. La teneur en cendres dans les cossettes a différencié significativement ( $p < 0,05$ ) entre les trois variétés étudiées, Mbout a présenté une teneur en cendre plus élevée ( $2,37 \pm 0,56$  mg/100g MS) que Balbine et Djangue ( $1,75 \pm 0,45$  et  $1,81 \pm 0,22$  respectivement). La variété botanique serait à l'origine de cette différence observée. Les cendres sont des composés solubles dans l'eau, Au cours du procédé de rouissage, une baisse significative est observée correspondant à une perte d'environ 84% de sa valeur initiale. Dans les pâtes fermentées crue et cuite (*bobolo*) aucune différence significative n'a été observée ( $p < 0,05$ ). Lors de la cuisson du *bobolo*, une légère augmentation des cendres est observée, ceci serait dû au transfert des minéraux de la feuille d'emballage vers le *bobolo* (principalement le phosphore et le fer). Les résultats obtenus ( $0,38 \pm 0,13$  ;  $0,39 \pm 1,45 * 10^{-3}$  et  $0,37 \pm 6,26 * 10^{-3}$  pour Balbine, Mbout et Djangue respectivement) dans la pâte fermentée sont inférieures à ceux trouvés par **Favier (1977)**, 0,95 dans la pâte à 0,98 dans le *bobolo* frais (*bobolo* 0 jour de conservation). Cette différence observée serait due à la variété botanique.

**Tableau 13 :** Composition chimique proximale des farines de manioc, pâtes fermentées crue et cuite (*bobolo*)

	MS (%)	Cendres (%)	Fibres (%)	Amidon (%)	Amylose (%)	Amylose/Amylopectine (%)	HCN (mg éq HCN/Kg MS)	
Balbine	92,00±1,80 <sup>f</sup>	1,75±0,45 <sup>b</sup>	3,83±0,22 <sup>d</sup>	86,58±2,17 <sup>b</sup>	20,82±1,75 <sup>b</sup>	0,26±0,03 <sup>b</sup>	32,80±1,58 <sup>d</sup>	
Cossettes	Mbout	84,50±1,32 <sup>cd</sup>	2,37±0,56 <sup>c</sup>	3,12±0,78 <sup>c</sup>	86,36±8,73 <sup>b</sup>	15,82±1,16 <sup>a</sup>	0,19±0,02 <sup>a</sup>	36,64±3,09 <sup>e</sup>
	Djangue	86,00±0,50 <sup>d</sup>	1,81±0,22 <sup>b</sup>	1,98±0,42 <sup>b</sup>	83,80±7,93 <sup>ab</sup>	15,35±1,74 <sup>a</sup>	0,18±0,02 <sup>a</sup>	39,16±2,64 <sup>e</sup>
Balbine	82,55±0,41 <sup>ab</sup>	0,38±0,13 <sup>a</sup>	/	90,23±6,94 <sup>b</sup>	17,45±0,86 <sup>c</sup>	0,21±7,90*10 <sup>-3 a</sup>	12,10±0,43 <sup>c</sup>	
Pâte fermentée	Mbout	84,14±0,72 <sup>bc</sup>	0,39±1,45*10 <sup>-3 a</sup>	/	88,02±6,48 <sup>b</sup>	17,15±0,74 <sup>c</sup>	0,21±1,07*10 <sup>-2 a</sup>	13,42±0,25 <sup>c</sup>
	Djangue	82,15±0,17 <sup>a</sup>	0,37±6,26*10 <sup>-3 a</sup>	/	73,75±1,99 <sup>a</sup>	17,08±0,65 <sup>c</sup>	0,21±8,81*10 <sup>-3 a</sup>	11,42±1,02 <sup>bc</sup>
Balbine	87,93±0,70 <sup>e</sup>	0,39±0,00 <sup>a</sup>	0,24±5,06*10 <sup>-4 a</sup>	/	/	/	8,73±0,70 <sup>a</sup>	
<i>Bobolo</i>	Mbout	89,05±1,50 <sup>e</sup>	0,38±0,13 <sup>a</sup>	0,31±0,13 <sup>a</sup>	/	/	10,82±0,15 <sup>abc</sup>	
	Djangue	84,51±0,36 <sup>cd</sup>	0,39±1,96*10 <sup>-3 a</sup>	0,22±3,61*10 <sup>-3 a</sup>	/	/	8,87±0,15 <sup>ab</sup>	

*Les moyennes ± écart type dans la même colonne ayant les mêmes lettres alphabétiques en exposant ne sont pas significativement différents au seuil de 5%,*

n=3.

De manière simplifiée, les fibres alimentaires regroupent un ensemble de polysaccharides (plus la lignine) qui ne sont ni digérés par les enzymes du tube digestif ni absorbés par l'intestin. La teneur en fibres brutes des trois variétés de manioc était de  $3,83 \pm 0,22$ ,  $3,12 \pm 0,78$  et  $1,98 \pm 0,42$  mg/100g MS pour Balbine, Mbout et Djangue respectivement. Les résultats observés ont différé significativement ( $p < 0,05$ ). Ces résultats sont semblables à ceux trouvés par **Alfredo (2002)** sur une variété de manioc au Nigéria (3,0 à 5,0%) excepté Djangue. La variété botanique, l'âge de la plante et même les conditions expérimentales seraient à l'origine de cette différence, les variétés étudiées avaient en moyenne 24 à 26 mois d'âge. Plus la racine est âgée, plus son amidon se lignifie et sa teneur en fibre augmente. Au cours du procédé une baisse significative d'environ 90% est observée, l'opération de tamisage a permis d'éliminer la presque totalité des fibres.

L'analyse chimique des pâtes fermentées crues a montré des teneurs en amidon de  $90,23 \pm 6,94$ ;  $88,02 \pm 6,48$  et  $73,75 \pm 1,9$  mg/100g MS pour Balbine, Mbout et Djangue respectivement. Ces valeurs diffèrent significativement ( $p < 0,05$ ) d'une variété à l'autre. Les résultats obtenus ont montré que le *bobolo* obtenu à partir de ces trois variétés serait en grande partie constituée d'amidon fermentée. Par contre les différences observées au niveau des teneurs en amidon fermentée des trois variétés seraient influencées par le temps de sédimentation au cours du procédé. Plus le temps de sédimentation est réduit plus l'eau éliminé pourrait entraîner une partie d'amidon. Les teneurs en amylose des pâtes fermentées crues n'ont montré aucune différence significative ( $p < 0,05$ ) avec une moyenne de 17g/100g MS. Ces farines auraient cependant une meilleure aptitude au gonflement et par conséquent un meilleur comportement à la chaleur. En effet **Nuwamanya et al., (2009)** et **Mufumbo et al., (2011)** ont montré que les teneurs élevées en amylose (supérieures à 20 g/100g MS) entraînent une diminution de la capacité de gonflement et accélèrent la rétrogradation.

Les teneurs en amylose et en amylopectine jouent un rôle déterminant dans la fonctionnalité de l'amidon (**FAO, 1998**). En effet, la viscosité, les températures de gélification, la solubilité, les capacités d'absorption d'eau et de gonflement, la clarté et la stabilité du gel, la rétrogradation et la digestibilité de l'amidon sont tous fonction du ratio amylose-amylopectine (**FAO, 1998 ; Davies, 2009**). Les amidons contenant moins de 20 g d'amylose /100g MS comme celui de manioc (81% d'amylopectine) donnent une viscosité élevée et un empois translucide et une faible tendance à la rétrogradation (**Boursier, 2006**).

Les rapports amylose/amylopectine des trois échantillons de pâte crue était en moyenne de 0,25g/100g MS et ne présentait de ce fait aucune différence significative ( $p < 0.05$ ). Ces trois amidons auraient une faible tendance à la rétrogradation. En effet, selon **Boursier (2006)**, les amidons ayant un rapport amylose/amylopectine inférieur à 0,25% sont des amidons à faible tendance à la rétrogradation.

Les glycosides cyanogénétiques sont des composés toxiques contenus dans le manioc et lorsqu'ils sont consommés de façon excessive, ils provoquent des maladies graves qui peuvent conduire à la mort (c'est le cas du Konzo). Les teneurs en glycosides cyanogénétiques sont passées de  $36.6 \pm 3.09$ ,  $32.80 \pm 1.58$  et  $39.16 \pm 2.64$  à  $12.10 \pm 0.43$ ,  $11.42 \pm 1.02$  et  $13.42 \pm 0.25$  mg équivalent HCN/Kg MS pour Balbine, Mbout et Djangue respectivement. Après quatre jours d'immersion les teneurs résiduelles en cyanures totaux varient de 10 à 50ppm (**Trèche et al., 1990 ; Brauman et al., 1991**). Les teneurs observées après rouissage sont similaire à celles trouvées par **Trèche et al. (1990)**. Lors de la cuisson il y'a encore une réduction de ces composés ( $8,73 \pm 0,70$  ;  $8,87 \pm 0,15$  et  $10,82 \pm 0,15$  mg équivalent HCN/Kg MS pour Balbine, Mbout et Djangue respectivement), qui permettent de dire que le *bobolo* obtenu est consommable sans aucun danger pour les populations. Excepté Djangue, les teneurs résiduelles contenus dans le *bobolo* sont dans la limite recommandée par la FAO/OMS (10mg équivalent HCN /Kg au maximum). Pour réduire de manière considérable la teneur en glycosides cyanogénétiques de Djangue, il serait judicieux d'appliquer des temps de fermentation.

#### ***V.1.2. Acidité titrable et pH des cossettes, pâtes fermentées crues et cuites de manioc***

Le pH et l'acidité titrable des cossettes, pâtes fermentées crue et cuite sont présentés dans le tableau 14.

**Tableau 14:** pH, acidité des farines de manioc, pâte fermentées crues et cuites (*bobolo*)

		Acidité titrable (mmol/100gMS)	pH
	Balbine	/	8,64±0,02 <sup>d</sup>
<b>Cossettes</b>	Mbout	1,11±0,12 <sup>c</sup>	6,24±1,06 <sup>c</sup>
	Djangue	1,11±0,11 <sup>c</sup>	6,77±0,02 <sup>c</sup>
<b>Pâte fermentée crue</b>	Balbine	5,94±0,01 <sup>f</sup>	4,74±0,06 <sup>ab</sup>
	Mbout	2,28±0,11 <sup>d</sup>	4,67±0,02 <sup>ab</sup>
	Djangue	2,60±0,04 <sup>e</sup>	4,62±0,03 <sup>a</sup>
<b>Pâte fermentée cuite (bobolo)</b>	Balbine	0,63±0,11 <sup>a</sup>	4,47±0,06 <sup>a</sup>
	Mbout	0,85±0,11 <sup>b</sup>	4,56±0,02 <sup>a</sup>
	Djangue	0,82±0,11 <sup>b</sup>	5,25±0,04 <sup>b</sup>

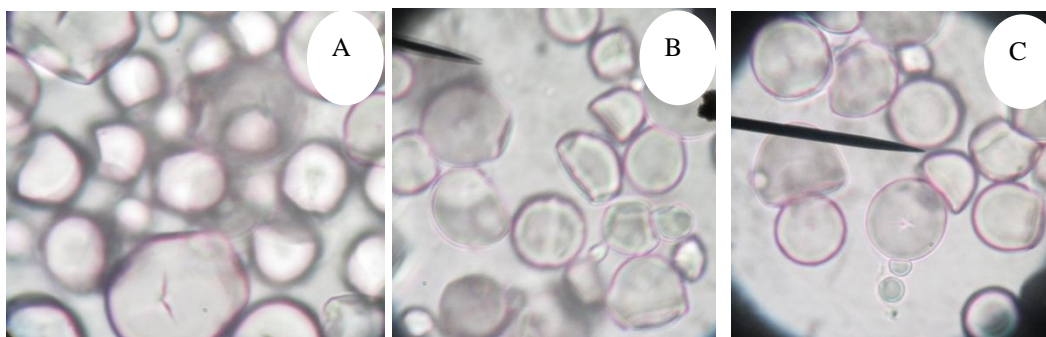
Les moyennes ± écart type dans la même colonne ayant les mêmes lettres alphabétiques en exposant ne sont pas significativement différents au seuil de 5%, n=3.

L'acidité mesurée ici est exprimée en mmol eq de H<sup>+</sup>/100g de MS contenu dans le milieu. L'acidité et le pH dans les cossettes, les pâtes fermentées crue et cuite présente une différence significative (p<0,05). L'acidité augmente au cours du rouissage (en moyenne de 1,0 à 6,0 mmol eq H<sup>+</sup>/100g MS) tandis que le pH baisse (en moyenne de 8,0 à 5,0). L'acidité est principalement due à la production des acides organiques (principalement l'acide lactique, et d'autres acides tels que le butyrate, le propionate, l'acétate) issue de l'hydrolyse des hydrates de carbones. Ces évolutions du pH et de l'acidité titrable confirment les résultats de **Hongbété (2004)** et indiquent l'effectivité d'un processus de fermentation pendant l'extraction. Concernant l'acidité titrable des pâtes cuites, elle varie de 0,63±0,11 à 0,85±0,11mmol/100g MS, alors que le pH va de 4,47±0,06 à 5,25±0,04. Les mesures d'acidité ont montré des différences significatives entre les échantillons. Toutefois, les valeurs d'acidité titrable et de pH pour la pâte cuite sont supérieures à celles des pâtes crues. En effet, pendant la cuisson, la chaleur hydrolyse les liaisons esters pour libérer les acides à courtes chaînes qui sont très volatils. Ainsi, une partie de ces acides est entraînée par évaporation, ce qui réduit la concentration en acide du *bobolo*. Balbine présente une acidité plus faible dans

le *bobolo* et un pH plus faible ( $0.63\pm 0.11$  et  $4.47\pm 0.06$ ) comparé à Mbout et Djangue ( $0,85\pm 0,11$  ;  $0,82\pm 0,11$  et  $4,56\pm 0,02$ ,  $5,25\pm 0,04$  respectivement). Le pH des pâtes fermentées crues et cuites n'ont montré aucune différence significative ( $p < 0.05$ ), les pâtes fermentées crues ayant servi à l'analyse ont subi un séchage pour besoin de conservation. Pour connaître le pH réel des pâtes fermentées crues l'analyse doit être faite sur des pâtes fermentées humides juste après le pressage.

## V.2. Forme des granules d'amidon

Les granules d'amidon présentent en effet une forme sphéroïde avec une indentation caractéristique des amidons de manioc (photo 13).



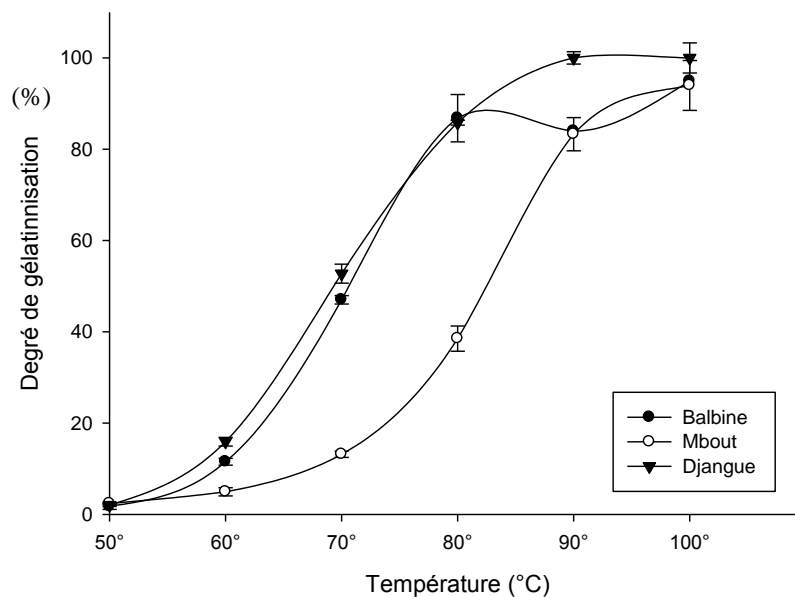
**Photo 13 : Microscopie optique des granules d'amidon roui : Mbout (A), Djangue (B) ; Balbine (C)**

Les trois variétés ont montré des altérations en surface ce qui faciliterait de ce fait l'entrée d'eau dans les granules. Les variétés Djangue et Balbine présentent plus d'altérations que Mbout, ce qui faciliterait ainsi l'entrée d'eau dans le granule.

## V.3. Propriétés fonctionnelles des pâtes fermentées crues et cuites

### V.3.1. Degré de gélatinisation des pâtes fermentées crues

Le degré de gélatinisation des pâtes fermentées crues de trois variétés de manioc est présenté sur la figure 6. Le phénomène de gélatinisation correspond à un changement d'état des granules qui se traduit par la destruction de la structure semi - cristalline du grain d'amidon (**Brabet, 1994**). La température de gélatinisation de l'amidon varie selon son origine botanique et du pré - traitement subi.



**Figure 6:** Evolution du degré de gélatinisation des pâtes fermentées crues

Les courbes observées ont montré une évolution croissante avec l'élévation de la température (figure 6). Entre 60°C et 80°C, il y'a une augmentation très importante de la gélatinisation pour Balbine et Djangue, contrairement à Mbout qui présente une gélatinisation plus importante à partir de 70°C. Pour chaque température, une différence significative ( $p < 0.05$ ) a été observée entre les degrés de gélatinisation des trois pâtes de l'étude. A partir des différentes courbes les températures de demi - gélatinisation peuvent être déterminée, température à laquelle 50% d'amidon ont gélatinisé. La gélatinisation semble décollé vers 60°C. La température de demi - gélatinisation est estimée à 70,6°C, 82,4°C et 69,3°C pour Balbine, Mbout et Djangue respectivement. Le pic de gélatinisation est observé à 90°C pour Djangue, 80°C pour Balbine et 100°C pour Mbout. Au regard des courbes obtenues, la variété Mbout à une aptitude à la gélatinisation moins importante que les deux autres variétés, ce qui pourrait se confirmer par la micrographie qui montre que Mbout a des granules moins endommagé et prendrait du temps pour absorber de l'eau. L'amidon est constitué d'une partie amorphe (amylose) et d'une partie semi - cristalline (amylopectine). Lors du chauffage les liaisons hydrogènes entre les chaînes de polymères sont détruites affaiblissant ainsi les granules. Puis, la région amorphe qui contient moins de liaisons hydrogène et qui est plus susceptible à la dissolution commence à s'imbiber d'eau pour augmenter de taille (gonflement). L'amylose commence à se solubiliser et diffuse de l'intérieur du granule vers le milieu aqueux extérieur augmentant ainsi la viscosité du milieu (Thomas et william, 1997).

La gélatinisation est influencée par la teneur en amylose, la taille du granule, le complexe amylose – lipide, le degré de cristallinité, la teneur en lipides et en phosphore (**Aprianita, 2010**). Les amidons ayant des teneurs en amyloses plus élevées auraient tendance à gélatiniser plus rapidement. Les analyses chimiques n'ont montré aucune différence significative ( $p < 0,05$ ) des teneurs en amylose des trois variétés. La faible gélatinisation de Mbout comparé à Balbine et Djangue pourrait être expliqué par la taille du granule (les gros granules absorbent l'eau plus facilement que les petits granules) et la teneur en lipide. Lorsque l'amylose est complexé par des lipides endogènes ou exogènes, l'amidon présente un retard au gonflement lié à la non solubilisation des complexes amylose-lipide du granule, du fait d'une pénétration difficile de l'eau dans ce dernier. Des températures supérieures à 90°C permettent de solubiliser les complexes amylose-lipide et d'obtenir le gonflement total des granules (**Boursier, 2006**). Ceci justifie le pic de gélatinisation de Mbout obtenu à 100°C, Les températures de gélatinisation (c'est – à dire la moitié de l'amidon a gélatinisé) obtenues sont similaire (58,5°C à 70°C) à celles obtenues par **Brabet (1994)** excepté Mbout. La variété, les conditions expérimentales peuvent être à l'origine de ces différences observées.

### ***V.3.2. Propriétés viscosimétriques des pâtes fermentées crues***

Le tableau 15 présente les propriétés d'empesage des pâtes fermentées crues.



**Tableau 15:** Propriétés d'empesage des pâtes fermentées crues issues de trois variétés locales de manioc

	<b>Point d'empesage (cP)</b>	<b>Pic de viscosité (cP)</b>	<b>Viscosité minimale (cp)</b>	<b>Viscosité finale (cP)</b>	<b>Chute de viscosité (cP)</b>	<b>Température d'empesage (°C)</b>	<b>Reprise de viscosité (cP)</b>
<b>Balbine</b>	21,0±2,82 <sup>a</sup>	4550,5±79,90 <sup>bc</sup>	1770±80,61 <sup>a</sup>	2893,0±205,06 <sup>ab</sup>	2770,5±0,71 <sup>b</sup>	69,13±1,24 <sup>a</sup>	1123,0±124,45 <sup>ab</sup>
<b>Djangue</b>	26,5±6,36 <sup>a</sup>	3881,0±803,27 <sup>b</sup>	2098±233,45 <sup>a</sup>	3373,0±459,62 <sup>ab</sup>	1006,0±62,23 <sup>ab</sup>	69,16±0,73 <sup>a</sup>	1275±226,27 <sup>ab</sup>
<b>Mbout</b>	25,5±0,71 <sup>a</sup>	2955,5±43,13 <sup>a</sup>	1939,5±16,26 <sup>a</sup>	3144,5±0,71 <sup>ab</sup>	1016,0±26,87 <sup>a</sup>	70,17±0,29 <sup>a</sup>	1205,0±16,97 <sup>b</sup>
<b>1/2B+1/2D</b>	30,0±4,24 <sup>a</sup>	4474,0±35,36 <sup>bc</sup>	1949,5±23,33 <sup>a</sup>	3011,5±51,62 <sup>ab</sup>	2524,5±12,02 <sup>b</sup>	68,82±0,10 <sup>a</sup>	1062,0±74,95 <sup>a</sup>
<b>1/2B+1/2M</b>	24,00±9,89 <sup>a</sup>	4406,5±4,95 <sup>bc</sup>	1884,0±398,1 <sup>a</sup>	3066,0±554,37 <sup>ab</sup>	2522,5±403,76 <sup>b</sup>	69,11±0,34 <sup>a</sup>	1182,0±155,56 <sup>ab</sup>
<b>1/2D+1/2M</b>	33,0±4,24 <sup>a</sup>	4355,0±162,64 <sup>bc</sup>	2349,0±797,62 <sup>a</sup>	3662,5±894,49 <sup>ab</sup>	2006,0±960,25 <sup>ab</sup>	69,99±0,03 <sup>a</sup>	1335,5±96,87 <sup>ab</sup>
<b>1/3B+2/3D</b>	23,5±4,24 <sup>a</sup>	3833,5±738,93 <sup>bc</sup>	2048±360,62 <sup>a</sup>	3245,5±557,91 <sup>b</sup>	2519,5±61,52 <sup>ab</sup>	69,46±1,05 <sup>a</sup>	1197,5±197,28 <sup>ab</sup>
<b>1/3B+2/3M</b>	27,5±7,78 <sup>a</sup>	4051,5±340,12 <sup>b</sup>	1835,0±29,70 <sup>a</sup>	2937,0±16,97 <sup>ab</sup>	2216,5±369,82 <sup>ab</sup>	69,39±0,18 <sup>a</sup>	1102,0±46,67 <sup>ab</sup>
<b>1/3D+2/3M</b>	23,5±3,54 <sup>a</sup>	4333,0±355,17 <sup>bc</sup>	2292,0±700,04 <sup>a</sup>	3557,5±876,11 <sup>b</sup>	2665,0±152,74 <sup>ab</sup>	69,57±1,43 <sup>a</sup>	1265,5±176,07 <sup>ab</sup>
<b>2/3B+1/3D</b>	23,5±0,70 <sup>a</sup>	4062,5±246,78 <sup>bc</sup>	1870,0±137,18 <sup>a</sup>	2384,5±864,79 <sup>a</sup>	2192,5±383,96 <sup>ab</sup>	69,24±0,23 <sup>a</sup>	1029,0±0,00 <sup>ab</sup>
<b>2/3B+1/3M</b>	23,5±0,71 <sup>a</sup>	4272,5±351,43 <sup>bc</sup>	2007,0±98,99 <sup>a</sup>	3143,0±42,43 <sup>ab</sup>	2265,5±450,43 <sup>ab</sup>	69,73±0,64 <sup>a</sup>	1136,0±56,57 <sup>ab</sup>
<b>2/3D+1/3M</b>	26,5±4,95 <sup>a</sup>	4694,5±127,99 <sup>c</sup>	1726,0±55,15 <sup>a</sup>	2877,0±7,07 <sup>ab</sup>	2968,5±72,83 <sup>b</sup>	68,81±0,93 <sup>a</sup>	1151,0±48,08 <sup>ab</sup>
<b>B-M-D</b>	31,5±2,02 <sup>a</sup>	4435,5±135,06 <sup>bc</sup>	1652,0±124,45 <sup>a</sup>	3077,5±187,06 <sup>ab</sup>	2783,5±10,61 <sup>b</sup>	69,33±1,10 <sup>a</sup>	1425,5±311,83 <sup>b</sup>

*Les moyennes ± écart type dans la même colonne ayant les mêmes lettres alphabétiques en exposant ne sont pas significativement différents au seuil de 5%, n = 2*

B : Balbine    M : Mbout    D : Djangue

Aussi bien pour le point d'empesage, que pour la viscosité minimale, et la température d'empesage, il n'existe aucune différence significative ( $p < 0,05$ ). La température moyenne des pâtes étudiées est d'environ 69°C. Ces résultats sont analogues à ceux rapportés par **Padonou et al. (2005)**.

Le pic de viscosité est la viscosité maximale pouvant être atteinte par une suspension au cours d'un cycle de chauffage (ou cuisson). La viscosité d'un empois d'amidon est influencée par la taille des granules, la longueur des chaînes d'amylose et d'amylopectine, le rapport amylose-amylopectine, les teneurs en phospholipides et mono-ester de phosphate (**Salwa, Hanan & Nessrien, 2010**). Elle détermine l'aptitude à la manipulation d'une pâte chaude.

Mbout présente un pic de viscosité faible (2955,5 cP) comparée aux deux autres variétés Balbine et Djangue (4550,5cP et 3881,2cP). Lorsque les trois variétés sont mélangés en proportion différentes la différence de pic de viscosité n'est pas significative ( $p < 0,05$ ) exceptée le mélange 2/3B+1/3M et 1/3D+2/3M ce qui montre que pour une utilisation de Mbout pour des productions de *bobolo*, Il conviendrait de la mélanger avec l'une des deux variétés. En effet, la viscosité est la résistance d'un fluide à l'écoulement. Lorsque l'amidon pur est soumis à une température élevée, en excès d'eau, sa structure granulaire disparaît progressivement et l'amylose, préférentiellement solubilisé, diffuse hors du grain. Cet amidon est capable de développer une viscosité dans le milieu, ce qui lui confère un pouvoir épaississant. Ceci conduit à une augmentation de la viscosité de la suspension et à la formation d'un empois constitué de granules éclatés et de macromolécules (**Nago, 1997**). Les différences dans les valeurs de pic de viscosité seraient liées à la différence de répartition de la taille des grains d'amidon dans les différents échantillons. Le pic de viscosité sera d'autant plus élevé que les grains seront gros. Aussi ces différences pourraient être dues à la teneur en lipides, pour les autres paramètres (amylose, rapport amylose/amylopectine) aucune différence significative ( $p < 0,05$ ) n'est observée, le pic de viscosité et le rapport amylose/amylopectine n'a montré aucune corrélation significative ( $r = 0,347$  et  $p < 0,05$ ). Le pic de viscosité et la température de gélatinisation 50°C ont montré une corrélation négative ( $r = -1,0$  et  $p < 0,05$ ), ce qui signifie que la température influencerait négativement la viscosité. **Aprianita (2010)** a obtenu un pic de viscosité de 1624cP pour l'amidon de manioc. Ces différences observées dépendraient de la variété de manioc étudiée et des techniques d'extractions.

La chute de viscosité ou *breakdown* et la reprise de viscosité ou *setback* sont d'importantes propriétés qui conditionnent le choix d'un amidon pour une application industrielle (Mufumbo et al., 2011). L'important *setback* dans les farines serait lié à l'action concertée de l'amidon et d'autres composés présents tels que les fibres alimentaires (Crosbie et Ross, 2009). Ces dernières contribuent significativement à la reprise de viscosité du milieu au cours du refroidissement. Mabout a montré une chute de viscosité ou *Breakdown* ( $1016 \pm 26,87 \text{cP}$ ) moins importante comparé à Balbine ( $2770 \pm 0,71 \text{cP}$ ) et Djangue ( $1006 \pm 62,23 \text{cP}$ ), ceci traduirait leur stabilité à l'éclatement (hydrolyse) des granules avec pour corolaire des *bobolo* ayant une texture dure et cohésive. La chute de viscosité de Mabout ne présente pas de différence significative ( $p < 0,05$ ) avec celle de Djangue, ce qui traduit leur bonne stabilité au cisaillement à chaud. Par contre sa viscosité finale (Mabout) lorsqu'elle est refroidie à  $50^\circ\text{C}$  n'est pas significativement différente des deux autres variétés, pareillement pour la valeur du *setback*. Lorsque les trois variétés ont été mélangées en proportion différentes, les mélanges  $1/2\text{B}+1/2\text{M}$ ,  $1/2\text{D}+1/2\text{B}$ ,  $\text{B}+\text{M}+\text{D}$  et  $2/3\text{D}+1/3\text{M}$  ont présenté des chutes de viscosités relativement supérieures aux autres mélanges, ce qui traduit une bonne stabilité de ces derniers lors du cisaillement à chaud. Par contre au niveau des reprise de viscosité la différence significative a été observée pour les mélanges  $1/2\text{B}+1/2\text{M}$  et  $\text{B}+\text{M}+\text{D}$ , le mélange  $1/2\text{B}+1/2\text{M}$  a présenté une reprise de viscosité ou *setback* ( $1062 \pm 74,95$ ) inférieure à celle du mélange  $\text{B}+\text{M}+\text{D}$  ce qui traduit une faible tendance à la rétrogradation pour  $1/2\text{B}+1/2\text{M}$ .

La viscosité finale et le *setback* sont les deux paramètres qui permettent de mieux apprécier la tendance à la rétrogradation des amidons ; les mélanges  $1/3\text{B}+2/2\text{D}$ ,  $1/3\text{D}+2/3\text{M}$  et  $2/3\text{B}+1/3\text{D}$  ont présenté des viscosités finales significativement différentes ( $p < 0,05$ ), mais des *setback* pas significativement différents.  $2/3\text{B}+1/3\text{D}$  présente une viscosité finale faible ( $2384,5 \pm 864,70 \text{cP}$ ) donc une tendance à la rétrogradation faible. De ce fait pour une meilleure conservation du *bobolo* (amidon gélatinisé), le mélange  $2/3\text{B}+1/3\text{D}$  est le mieux approprié.

Le tableau 16 présente les paramètres temporels d'empesage tels que la facilité de Cuisson, le début d'empesage et le temps d'atteinte du pic de viscosité.

**Tableau 16:** Paramètres temporels et facilité de cuisson des pâtes fermentées

	Début d'empesage (s)	Temps d'atteinte du pic (s)	Facilité de cuisson (s)
<b>Balbine</b>	2,56±0,04 <sup>a</sup>	3,43±1,27 <sup>a</sup>	0,87±1,32 <sup>a</sup>
<b>Djangue</b>	2,57±0,04 <sup>a</sup>	4,87±0,20 <sup>b</sup>	2,30±0,15 <sup>b</sup>
<b>Mbout</b>	2,72±0,02 <sup>b</sup>	4,82±0,21 <sup>b</sup>	2,11±0,23 <sup>b</sup>
<b>1/2B+1/2D</b>	2,56±0,04 <sup>a</sup>	4,70±0,42 <sup>b</sup>	2,13±0,39 <sup>b</sup>
<b>1/2B+1/2M</b>	2,60±0,01 <sup>a</sup>	4,77±0,05 <sup>b</sup>	2,17±0,06 <sup>b</sup>
<b>1/2D+1/2M</b>	2,63±0,04 <sup>ab</sup>	5,17±0,52 <sup>b</sup>	2,54±0,56 <sup>b</sup>
<b>1/3B+2/3D</b>	2,58±0,03 <sup>a</sup>	4,8±0,18 <sup>b</sup>	2,22±0,21 <sup>b</sup>
<b>1/3B+2/3M</b>	2,60±0,00 <sup>a</sup>	4,9±0,04 <sup>b</sup>	2,30±0,04 <sup>b</sup>
<b>1/3D+2/3M</b>	2,62±0,12 <sup>ab</sup>	5,13±0,57 <sup>b</sup>	2,52±0,45 <sup>b</sup>
<b>2/3B+1/3D</b>	2,60±0,00 <sup>a</sup>	4,77±0,23 <sup>b</sup>	2,17±0,23 <sup>b</sup>
<b>2/3B+1/3M</b>	2,57±0,05 <sup>a</sup>	4,84±0,23 <sup>b</sup>	2,27±0,18 <sup>b</sup>
<b>2/3D+1/3M</b>	2,57±0,05 <sup>a</sup>	4,57±0,05 <sup>b</sup>	2,0±0,0 <sup>b</sup>
<b>B-M-D</b>	2,61±0,09 <sup>ab</sup>	4,74±0,19 <sup>b</sup>	2,13±0,10 <sup>b</sup>

*Les moyennes ± écart type ayant les mêmes lettres alphabétiques en exposant dans la même colonne ne sont pas significativement différent au seuil de 5% ; n=2.*

Une différence significative a été observée ( $p < 0,05$ ) entre les pâtes fermentées pour les paramètres début d'empesage, temps d'atteinte du pic de viscosité et facilité à la cuisson. Pour un amidon donné, plus la différence entre le temps lié à la viscosité de pic et le temps de début d'empesage est faible, plus il est facile à cuire. Cette différence pour Balbine est estimée à moins d'une minute (0,87s) comparée aux autres variétés ainsi que le mélange des variétés qui varie de 2,0s à 2,6 s. Les différences observées pourraient être attribuées aux différences dans la distribution des tailles des granules d'amidon, Balbine nécessite une dépense énergétique moindre par rapport aux autres variétés.

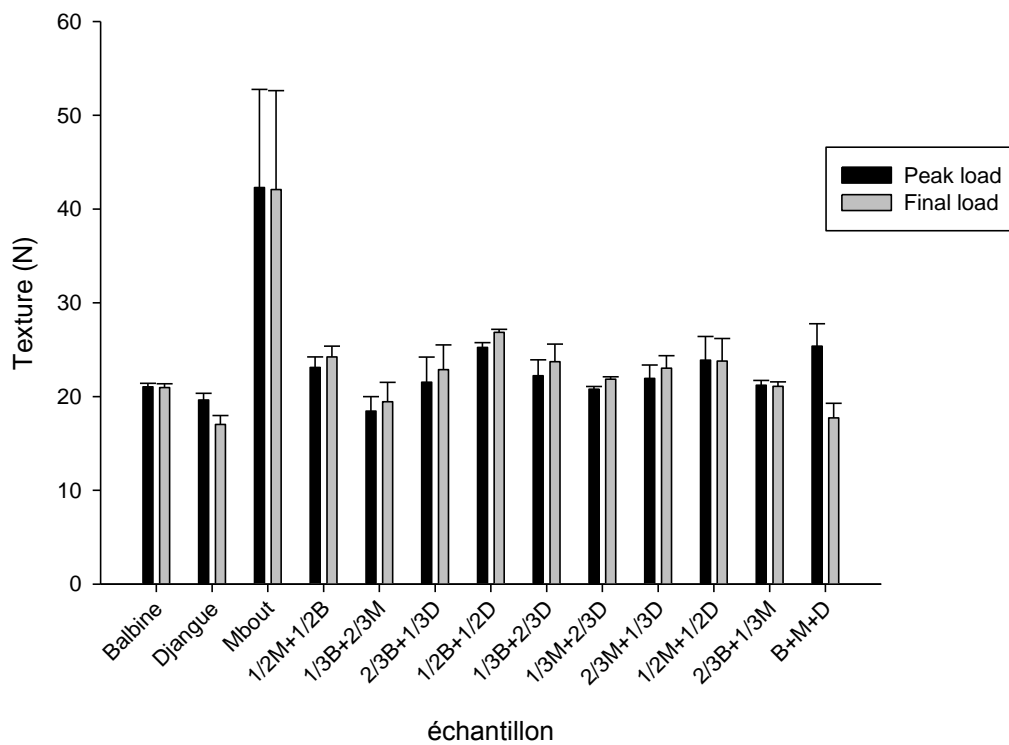
Tenant compte des propriétés d'empesage et des paramètres temporelles d'empesage, Balbine a présenté les meilleures valeurs de viscosité (pic de viscosité, *breakdown* et

*sedback*), un temps de cuisson et un temps d'atteinte du pic de viscosité plus petit que les deux autres variétés. Ce qui ferait d'elle la meilleure variété pour la production d'un *bobolo* de bonne qualité (texture pas dure et une tendance à la rétrogradation faible). Pour les mélanges, le mélange qui pourrait être le mieux adapté à la production du *bobolo* serait le mélange 2/3b+1/3D.

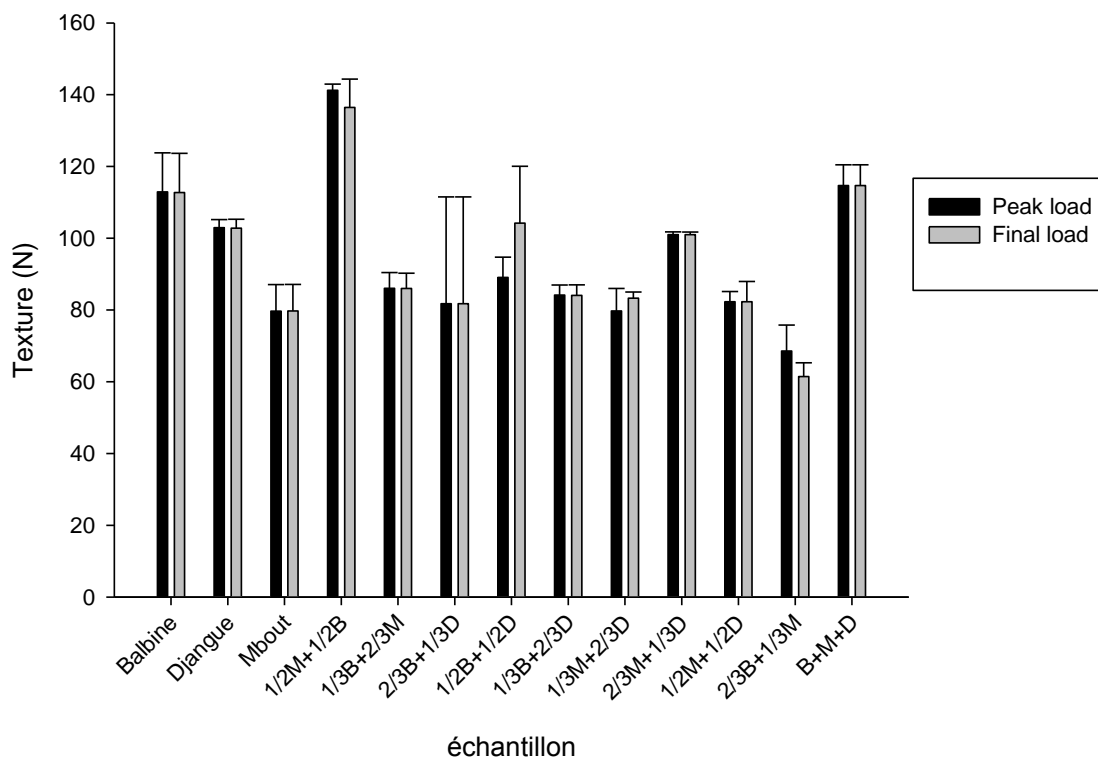
### **V.3.3. Analyse de la texture des boboo**

La résistance des *bobolo* à la pénétration par une sonde aiguille et par une sonde conique est présentée sur la figure 7 et la figure 8 respectivement.

Les échantillons analysés avec la sonde aiguille (figure 7) n'ont pas présenté de différence significative ( $p < 0,05$ ) pour le *peak load* (résistance rencontrée lors de la pénétration du produit) et le *final load* (force à la fin de la pénétration du produit) des différents échantillons excepté la variété Mbout. Ce dernier présente une plus grande résistance. Dans l'ensemble, les *peak load* et *final load* pour un même échantillon n'ont pas présenté de différence significative ( $p < 0,05$ ), ce qui traduit une homogénéité du *bobolo* lors de la pénétration. La différence de texture de Mbout par rapport aux autres pourra être justifiée par plusieurs facteurs. La résistance mesurée dépend du poids du *bobolo*, des nœuds formés qui eux - mêmes dépendent de la force que l'opératrice exerce sur le *bobolo* lors du ficelage, de la longueur du *bobolo* et encore plus du degré de cuisson. En effet, lorsque le *bobolo* est très gros et pas suffisamment cuit on observe au milieu de celui - ci une partie blanche qui rend le *bobolo* cassant et moins élastique. La variété pourrait également avoir une influence.



**Figure 7:** Force exercée sur le *bobolo* par une sonde aiguille



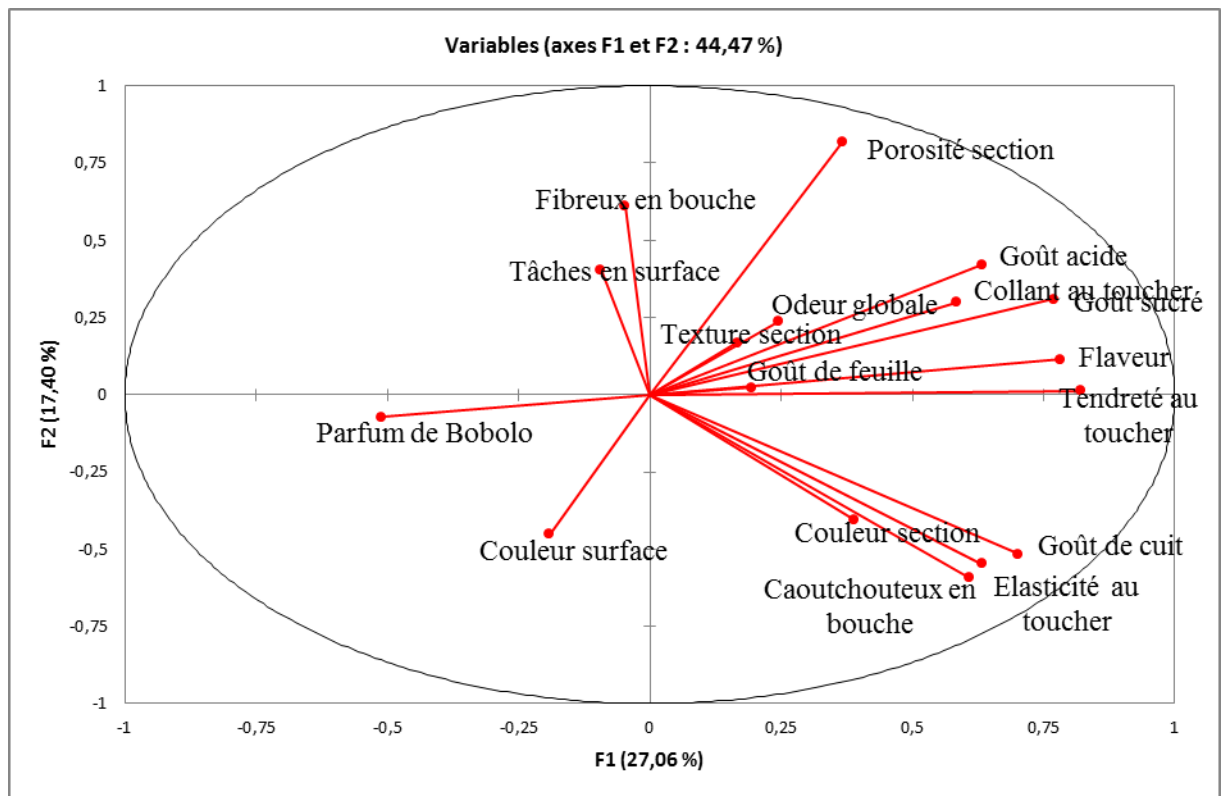
**Figure 8:** Force exercée sur le *bobolo* par une sonde conique

Pour mieux mesurer la résistance du *bobolo* à la morsure, une sonde conique a été utilisée afin d'estimer la force que peut exercer le consommateur lors de la morsure du *bobolo*. Aucune différence significative ( $p < 0,05$ ) n'est observée entre le *peak load* et le *final load* d'un même échantillon. Ceci traduit une fois de plus l'homogénéité du *bobolo* sur une certaine longueur. Une différence significative ( $p < 0,05$ ) a été observée entre le *peak load* des différents échantillons. La variété Balbine présente une force supérieure ( $112,76 \pm 10,89$ ) à celle de Djangué ( $102,79 \pm 2,50$ ) et Mbout ( $79,74 \pm 7,39$ ). Lorsque les trois variétés sont mélangées en proportions différentes, les mélanges 1/2M+1/2B, 2/3M+1/3D et B+M+D présentent des forces supérieures ( $141,24 \pm 1,69$  ;  $101 \pm 0,75$  et  $114,67 \pm 5,80$  respectivement) comparées aux autres mélanges et nécessiteraient plus de force pour le mordre. Ces différences observées entre les différents *peak load* sont dues aux mêmes paramètres évoqués plus haut (le poids du *bobolo*, les nœuds formés qui eux-mêmes dépendent de la force que l'opératrice exerce sur le *bobolo* lors du ficelage, la longueur du *bobolo* et plus encore le degré de cuisson).

L'analyse avec la sonde aiguille indique que Mbout a montré une plus grande résistance comparée aux deux autres variétés et serait cependant moins appréciée du fait de la force importante qu'il faut appliquer lors de la morsure, par contre avec la sonde conique Balbine présente une plus grande force que les deux autres variétés et serait moins appréciée. Pour ce qui est des mélanges l'analyse avec la sonde aiguille n'a montré aucune différence significative ( $p < 0,05$ ) ; avec la sonde conique le mélange 1/2M+1/2B, suivie de B – M – D et 2/3M +1/3D ont montré une plus grande résistance comparée à tous les autres mélanges. Dans les conditions de production des différents échantillons, la variété la plus appréciée serait Mbout et les mélanges les mieux appréciés seraient 2/3M+ 1/3B, 2/3B+1/3D, 1/3B+2/3D, 1/3M+2/3D, 1/2M+1/2D et 2/3B+1/3M du fait de la faible force qu'un consommateur exercerait pour mordre le *bobolo*.

#### **V.3.4. Analyse sensorielle des bobolo**

Au terme du pré – test qui a été effectué avec 19 panélistes, ces derniers ont tous été retenus pour l'analyse proprement dite ceci sur la performance individuelle de chacun d'entre – eux. Une analyse en composante principale (ACP) a été menée dans le but de ressortir les similitudes et les différences pouvant exister entre les différents attributs sensoriels. Le principe de cette analyse est basé sur la corrélation entre les attributs sensoriels. La Figure 9 présente le cercle de corrélation des attributs sensoriels et la figure 10 montre la relation entre les différents attributs sensoriels et les échantillons de *bobolo*.

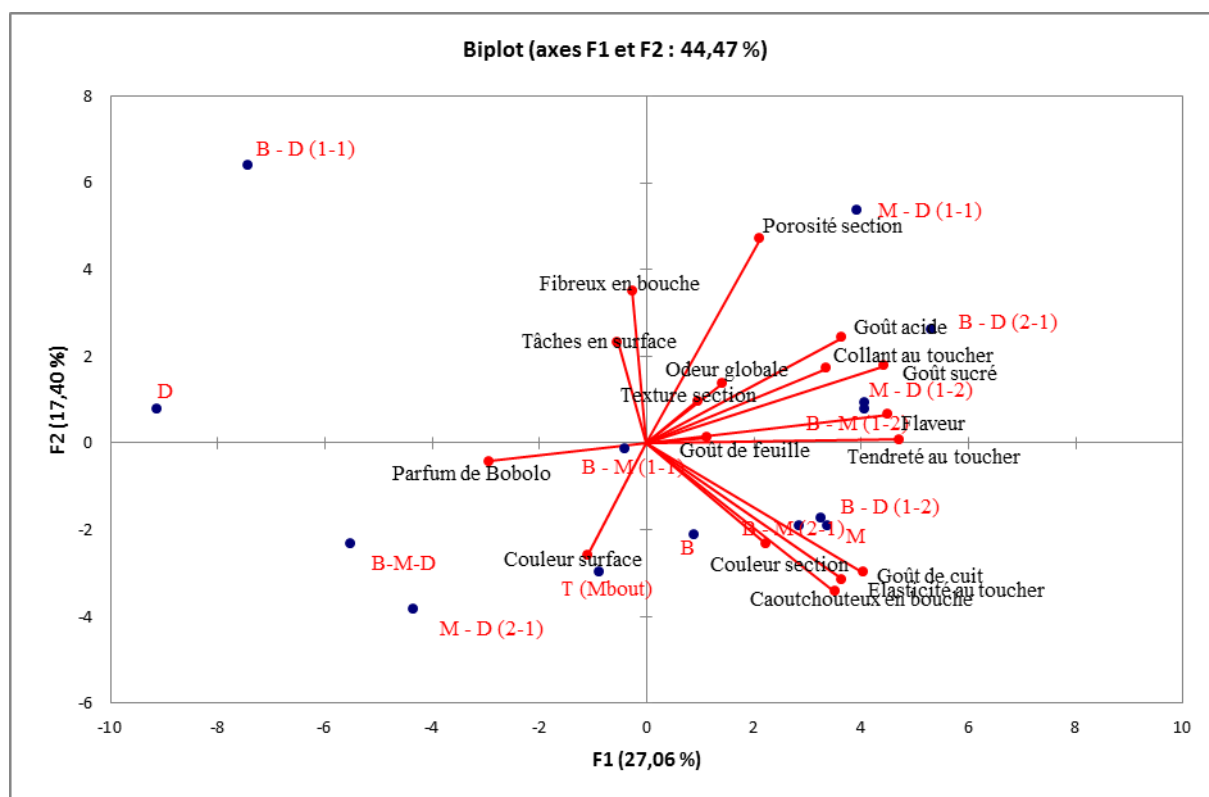


**Figure 9:** Cercle de corrélation des variables sur le système d'axe F1 et F2

Ce résultat a montré que les 17 attributs utilisés pour évaluer la qualité des *bobolo* ont pu s'organiser en deux composantes principales (F1 et F2) qui expriment 44,47% des attributs. La première composante principale (F1) a expliqué 27,06% des variations observées et la seconde composante principale (F2) 17,40% ; cette faible contribution pour les deux axes générés a montré une grande variabilité entre les différents attributs. F1 a été représenté par les attributs collant au toucher, élasticité au toucher, tendreté au toucher, odeur globale, goût sucré, goût acide, flaveur, goût de feuille, goût de cuit et caoutchouteux en bouche qui sont corrélés positivement à cet axe et parfum de *bobolo* corrélé négativement. Quant à F2, il a été représenté par les attributs couleur de la surface, couleur de la section corrélés négativement, tâche en surface, porosité, fibreux en bouche et texture de section corrélés positivement. D'après le cercle de corrélation un rapprochement a pu être observé entre le goût de cuit, l'élasticité au toucher, caoutchouteux en bouche d'une part et goût acide, collant au toucher, goût sucré, flaveur et tendreté au toucher d'autre part tous corrélés à l'axe F1. Le rapprochement entre les points a traduit la similarité dans les réponses des panélistes. Les points les moins intéressants ont été ceux qui sont très proche de l'origine (texture section, odeur globale, goût de feuille et tâche en surface). On s'intéressera donc essentiellement aux points les bien représentés (c'est – à – dire situés loin du centre). Les attributs ayant permis de



mieux apprécier la qualité d'un *bobolo* ont été entre autre le goût de cuit, l'élasticité au toucher, l'aspect caoutchouteux en bouche, la tendreté au toucher, la flaveur, le goût sucré et acide, l'aspect collant au toucher, le parfum de *bobolo* et la couleur de surface.



**Figure 10 :** Relation entre les attributs sensoriels et les différents échantillons

**Tableau 17:** Classification des *bobolo* sur la base de leurs caractéristiques sensorielles

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
B	B – D (1-1)	B – D (2-1)	B – M (1-2)
B - D (1-2)		B – M (2-1)	
B - M (1-1)		M	
B – M - D		M – D (1-1)	
D			
M - D (1-2)			
M – D (2-1)			
T (Mbout)			

D'après le Biplot obtenu (figure 10), les échantillons ont été répartis en quatre groupes (deux groupes au-dessus de l'axe vertical et deux groupes en dessous de l'axe). Ceci aurait pu laisser penser que les 14 échantillons ont été répartis en quatre classes selon la disposition sur le Biplot, mais la classification ascendante hiérarchique (CAH) nous a présentée ces mêmes quatre classes avec une disposition différente. Cette différence pourrait être due au fait que l'ACP donne la représentation selon l'affinité pour les axes générés, 13 axes ont été générés dont les plus représentatifs ont été F1 et F2. Par contre la CAH a fait une classification selon l'affinité pour les attributs évalués. Les échantillons B – D (2-1), M – D (1-2) et B – M (1-2) ont été corrélés aux attributs goût acide, collant au toucher, goût sucré, flaveur et tendreté. M – D (1-1) a été corrélé à la porosité de section. T (Mbout), B – M – D, M – D (2-1) et B – M (1-1) sont corrélés aux attributs couleur de surface et le parfum *bobolo* ; B – D (1-2), M, B – M (2-1) et B ont été corrélés aux goûts de cuit, élasticité, couleur surface et caoutchouteux en bouche et B – D (1-1) et D ont été corrélés à fibreux en bouche et tâche en surface.

L'élasticité au toucher a été significativement corrélée ( $r = 0,587$  ;  $r = 0,750$  ;  $r = 0,597$  et  $p < 0,05$ ) à la tendreté au toucher, au goût de cuit et au caoutchouteux en bouche. Une cuisson prolongée entraîne le gonflement des granules qui finit par éclater entraînant ainsi un *breakdown* ou chute de viscosité (différence entre pic de viscosité et viscosité minimale) important qui confère au produit une texture moins dure. Plus le goût de cuit est prononcé, plus le *bobolo* obtenu est élastique, ferme et caoutchouteux (traduit l'élasticité en bouche), ces paramètres sont ceux significatifs pour un *bobolo* de bonne qualité. De même lorsque le *bobolo* est bien cuit il est plus élastique d'où la corrélation significative ( $p < 0,05$ ) entre le goût de cuit et l'aspect caoutchouteux en bouche. Les *bobolo* les plus corrélés à ces paramètres seraient les meilleurs, il s'agit de B – D (1-2) ; M ; B – M (2-1) et B, l'analyse texturale de ces derniers montrent qu'excepté Balbine (112,94 N), les trois autres B – D (1-2), M, B – M (2-1) présentent des forces faibles (84 N, 79,66 N, 68,56 N respectivement). Cependant la corrélation entre l'aspect caoutchouteux en bouche et l'analyse texture n'a montré aucune significativité ( $p < 0,05$ ).

La tendreté au toucher est significativement corrélée ( $p < 0,05$ ) à la flaveur et au goût de cuit. Lorsque la cuisson est prolongée, le *bobolo* est mieux cuit et ne présente pas de blancheur au milieu et de ce fait la flaveur est prononcée et le *bobolo* est plus tendre soit plus ferme, Pour ces paramètres les échantillons les mieux appréciés sont M – D (1-2) et B – M (1-2).

Le goût de cuit, le goût acide sont significativement corrélés ( $r = 0,624$  ;  $r = 0,634$  et  $p < 0,05$ ) à la flaveur. Lors de la fermentation les hydrates de carbones sont hydrolysés en sucres simples et ses sucres sont dégradés par les bactéries fermentaires pour produire les acides organiques à courtes chaînes. Lorsque la fermentation est prolongée la production d'acide est plus accentuée, la cuisson augmente l'acidité du *bobolo* car les esters produits lors de la fermentation sont hydrolysés sous l'effet de la chaleur pour produire des acides à courtes et augmente de ce fait l'acidité qui entraîne une flaveur prononcée. Les attributs qui n'ont pas été mentionné n'ont pas présenté de corrélation significative ( $p < 0,05$ ). De même aucune corrélation significative ( $r = 0,251$ ,  $p < 0,05$ ) n'a été trouvé entre l'acidité obtenu par dosage avec la soude et le goût acide ; ce qui est en contradiction avec les résultats de l'analyse sensorielle, car les juges ont trouvés un goût acide prononcé.

Bien que le collant au toucher soit proche de goût de cuit, élasticité au toucher et caoutchouteux en bouche ils n'ont pas présenté de corrélation significative ( $p < 0,05$ ). Les attributs goût acide, collant au toucher, goût sucré, flaveur et tendreté au toucher sont proche sur l'ACP mais n'ont présenté aucune corrélation significative ( $p < 0,05$ ). Le parfum de *bobolo* est un attribut majoritaire pour attester de la qualité du bobolo, un bon *bobolo* exprime une odeur poussé de manioc fermentée cuit, mais ce parfum a été exprimé de façon négative. Les acides organiques (lactate, acétate et butyrate) produit en fin de fermentation sont responsable de l'odeur du *bobolo*, lorsqu'ils sont présents en quantité élevée ils influencent négativement l'odeur (Trèche S, et al., 1995). Ceci serait donc à l'origine de cette perception négative.

## Conclusion partielle

De ce qui précède, l'analyse physico – chimiques des cossettes de manioc, des farines fermentées crues et cuites a montré que le *bobolo* obtenu à la fin du procédé a été constitué essentiellement d'amidon fermenté. Pour ce qui est de la toxicité la variété Djangue a montré une teneur en HCN ( $10,82 \pm 0,15$  mg HCN /Kg) supérieure à la valeur acceptable par la FAO/OMS (10 mg HCN /Kg au maximum). L'analyse fonctionnelle a montré que la variété Balbine a présenté un meilleur degré de gélatinisation et des propriétés viscosimétriques et temporelles qui ont fait d'elle la variété la mieux adaptée pour une production de *bobolo*. De l'ensemble des attributs qui expriment le mieux la qualité d'un *bobolo*, les variétés Balbine et Mabout ont été les plus appréciés du fait de la corrélation significative pour le goût de cuit, l'élasticité au toucher et le caoutchouteux en bouche. Les mélanges B – D (2-1), M – D (1-2), B – M (1-2), B – D (1-2), B – M (1-1) ont été les mieux appréciés pour les attributs sensoriels

les plus expressifs. La variété Djangue et les mélanges B – M (1-1), M – D (2-1), B – M – D, M – D (1-1), B – D (1-1), le *bobolo* fait traditionnellement ont été les moins appréciés du fait de leur dispersion et du manque d'affinité pour les attributs représentatifs.



**CONCLUSION  
GENERALE**

L'objectif général du présent travail a été d'évaluer l'efficacité technologique des pratiques de transformation du manioc en *bobolo* au sein d'une structure paysanne dans la région de l'Est – Cameroun (GIC OTRTM). Il s'est agi d'une part d'étudier le fonctionnement du GIC en termes d'organisation, la rentabilité du procédé de production et d'autre part d'évaluer la qualité physico – chimique et sensorielle des *bobolo* obtenus à partir de trois variétés locales et l'influence du mélange des variétés sur l'acceptabilité des *bobolo*. Il ressort de cette étude que :

Le GIC OTRTM est un groupe ayant pour activité principale l'agriculture et pour activité secondaire la transformation du manioc en divers produits notamment le gari, le *bobolo* et les cossettes. Ce GIC utilise des variétés locales pour la production des *bobolo* selon un procédé semi – industriel faisant intervenir des équipements artisanaux à certaines étapes du procédé (broyage, presseur, tamisage). La vente dans la localité a montré que le procédé n'était pas rentable. En effet, un compte d'exploitation a été établi sur la base des productions faite durant notre séjour et selon la disponibilité de la main d'œuvre et le résultat mensuel obtenu a été négatif (**-63920Fcfa**). Le procédé de production du *bobolo* pourra être rentable si la vente se fait dans les villes les plus proches (Ayos et Abong – Mbang et Yaoundé si possible) à des prix double que celui de la localité et avec un personnel disponible. De même des opportunités probables (cas de Kyé – osi) pourraient rendre le procédé rentable. Pour une production journalière de 1000 *bobolo*, une main d'œuvre de 15 personnes et un salaire estimé à 2000Fcfa/jour le procédé pourra être rentable avec un solde annuel positif (**187.485Fcfa**). Ce procédé pourra plus rentable si le GIC participe à l'acquisition de la matière première à travers le champ communautaire (1,5 hectare).

L'analyse physico – chimique a montré une perte en fibre durant le procédé d'environ 90% (la totalité étant éliminée par l'opération de tamisage). La teneur en amidon dans les pâtes fermentée des trois variétés est comprise entre 70 et 92% ce qui pourra permettre d'attesté que le *bobolo* obtenu est constitué essentiellement d'amidon fermenté.

L'analyse fonctionnelle a permis de montrer que la variété Balbine serait la variété la mieux adaptée pour une bonne production de *bobolo*, car elle nécessite moins de dépense énergétique vu son temps de cuisson très réduit (0,86s), son comportement à la chaleur favorable (gélatinisation importante à partir de 60°C) et une tendance à la rétrogradation faible ce qui montre qu'elle pourra être conservé plus longtemps.

L'analyse sensorielle a permis de conclure sur l'appréciabilité générale, Balbine et Mabout ont présenté plus d'affinité pour les paramètres les plus sensibles (goût de cuit, élasticité au toucher, caoutchouteux en bouche. Tandis que les mélanges B – D (2-1), M – D (1-2), B – M (1-2), B – D (1-2), B – M (1-1) ont été les mieux appréciés pour les attributs sensoriels les plus expressifs (tendreté, flaveur, goût acide, goût sucré et collant au toucher).

Des analyses complémentaires peuvent être faites pour attester de la qualité du *bobolo* :

- Une analyse du *bobolo* fait selon la méthode traditionnelle afin de comparer les résultats à ceux du *bobolo* fait en utilisant des équipements ;
- Une caractérisation complète des différents composés majeurs (sucres totaux, lipides et protéines) dans les maniocs ainsi que les composés minéraux essentiels (phosphore) afin de mieux expliquer le comportement à la chaleur des différentes variétés étudiées.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.A.C.C (1999).** International Method 46-13.01. Crude Protein—Micro-Kjeldahl Method. The Association, Arlington, Va.
- Abe M. & Lindsay R. (1978)** - Evidence For Lactic Streptococcal Role In Acid Cassava. *J.Food Protection*, 42: 781-784.
- Adebayo-Oyetero A. O., Oyewole O. B., Obadina A. O. & Omemu M. A. (2013).** Microbiological Safety Assessment Of Fermented Cassava Flour “Lafun” Available In Ogun And Oyo States Of Nigeria, *International Journal Of Food Science*, Volume 2013, Article Id 845324, 5 Pages.
- Agbor Egbe T., Brauman A., Griffon D. & Trèche S. (1995).** Transformation alimentaire du manioc. Editions ORSTOM, pp 399-416.
- Agri-Stat N°17 Juillet 2012.*
- Agueguia A., Apedo-Ama A., Fontem D. A., Manga G. A., Mboua J. C., Mouen M., Ndzana X., Ngeve M. J., Pone K. D., Tchuanyo M., Tetka J., Tiki Mpondo G., Wouamane M. & Zok, S. (2000).** Le Manioc Un Aliment Pour Tout Le Monde. In *Les Richesses Du Sol. Les Plantes A Racines Et Tubercules En Afrique : Une Contribution Au Developpement Des Technologies De Recolte Et D’apres-Recolte.* Eds Bell, A. Mück, O. & Schuler, B. Deutsche Stiftung Für Internationale Entwicklung (Dse). *Zentralstelle Für Ernährung Und Landwirtschaft (Zel)*. 43 – 94.
- Alfredo Augusto C. A. (2002).** Cassava Botany And Physiology, Edited By R. J. Hillocks, J. M. Thresh And A. C. Bellotti.
- Ampe F., Brauman A., Trèche S. & Agossou A. (1994).** The Fermentation Of Cassava : Optimisation By The Experimental Research Methodology. *J. Of The Science Of Food And Agriculture*, 65. 355-361.
- Aoac 1990.** Hydrocyanic Acid In Beans, Alkaline Titration Method. In *Official Methods Of Analysis*, 15th Ed, Aoac, Inc, Arlington, Va, Usa, 1213. **Tetchi F. A., Solomen O. W., Célah K. A., And Georges A. N. (2012).** Effect Of Cassava Variety And Fermentation Time On Biochemical And Microbiological Characteristics Of Raw Artisanal Starter For Attiéké Production. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 10: Pp.40– 47.
- Aprianita A. (2010).** Assessment Of Underutilized Starchy Roots And Tubers For Their Applications In The Food Industry School Of Biomedical And Health Sciences. Master Of Science Thesis. Victoria University (Australia). 138 P.
- Asiedu J. J. (1991).** La Transformation Des Produits Agricoles En Zone Tropicale. Approche Technologique. Macmillan Publishers Ltd, Edition Karthala Et Cta, Londres, United Kingdom, Pp 335.



- Bell A., Mück O. & Schuler B. (2000).** Les Plantes A Racines Et Tubercules En Afrique: Une Contribution Au Developpement Des Technologies De Récolte Et D'après-Récolte. Gtz, Hambourg, R.F.A., 238p.
- Bertolini A. C. (2000).** Bases Moleculaires Et Thermomecaniques De La Propriété D'expansion Du Polviho Azedo. These De Doctorat. Universite De Nantes. 113p.
- Bourne M. (2002).** Food Texture And Viscosity: Concept And Measurement. San D Diego, California: Academic Press.
- Boursier B. (2006).** Amidons Natifs Et Amidons Modifies Alimentaires. Technique De L'ingénieur Tome F4. 690.
- Brabet C. (1994).** Etude Des Mécanismes Physico-Chimiques Et Biologiques Responsables Du Pouvoir De Panification De L'amidon Fermente De Manioc. Thèse De Doctorat, Université De Montpellier. France. 355p.
- Brauman A., Malonga M., Mavoungou O., Keleke S., Ampe F., Miambi E. & Treche S. (1991).** Kinetic Study of Retting: A Cassava Traditional Fermentation In Central Africa. Communication Presentee Au Seminaire-Atelier "Avances Sobre Almidon De Yucca", 17-29 Juin 91, Ciat, Cali, Colombie.
- Brauman A., Keleke S., Mavoungou O., Ampe F. & Miambi E. (1995).** "Etude D'une Fermentation Lactique Traditionnelle Des Racines De Manioc En Afrique Centrale (Congo)". In Agbor (E.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) Ed.: *Transformation Alimentaire Du Manioc*. Orstom. Paris.Pp 35-46.
- Ciat (1994).** Annual Report Cassava Program. Centro Internacional De Agricultura Tropical (Ciat). Cali, Colombie, Pp 71-73.
- Crosbie G. B. & Ross A. S. (2009).** The Rva Handbook. Aacc International, Minnesota, Usa. 152 P.
- Davies E. M. (2009).** Physiochemical, Functional And Structural Properties Of Native Malawian Cocoyam And Sweetpotato Starches. Ph.D Thesis, University Of The Free State (South Africa). 224 P.
- Dicko M. H. (2006).** Biochimie Structurale Et Enzymologie. Centre De Recherche En Sciences Biologiques Alimentaires Et Nutritionnelles.
- Djilemo L. (2007).** La Farine De Manioc (*Manihot Esculenta Crantz*) Non Fermentee : L'avenir De La Culture Du Manioc En Afrique. Actes De L'atelier "*Potentialites A La Transformation Du Manioc En Afrique De L'ouest*" – Abidjan Pp.139–146.
- Enidiok S. E., Attah L. E. & Otuechere C. A. (2008).** Evaluation Of Moisture, Total Cyanide And Fiber Contents Of Gari Produced From Cassava (*Manihot Utilissima*) Varieties Obtained From Awassa In Southern Ethiopia, *Pakistan Journal Of Nutrition*, 7 (5): Pp. 625–629, Issn: 1680–5194.
- Fao (Food And Agriculture Organization) (1998).** Le Marche Boude Les Amidons Tropicaux. Fao Magazine. [Http://Www.Fao.Org/Ag/Magazine/9809/Spot3.Htm](http://Www.Fao.Org/Ag/Magazine/9809/Spot3.Htm). Mise A Jour En Septembre 1998 Et Consulte Le 15/10/11.

- Fao (2012).** [Http://Faostat.Fao.Org](http://Faostat.Fao.Org). Agricultural Statistics. Food And Agricultural Organization Of The United Nations. Rome [15 September 2012]
- Faostat. (2005).** Agricultural Data, Fao Statistical Database.[Http://Www.Fao.Org](http://Www.Fao.Org)
- Faostat (2012).** World Production Of *Cassava*.
- Favier J. C. (1977).** Valeur Alimentaire De Deux Aliments De Base Africains : Le Manioc Et Le Sorgho. Travaux Et Documents De L'orstom. Editions De L'office De La Recherche Scientifique Et Technique Outre-Mer (Orstom). 118 P.
- Fiagan Y. S. (2007).** Les Utilisations Du Manioc. Premiere Rencontre Des Projets De Developpement Des Plantes Racines Et Tubercules Du Fida En Afrique De L'ouest Et Du Centre. Yaounde. 11 P.
- Gavar I. (1992).** Diagnostic Du Secteur Artisanal De Production De « Baton De Manioc » Au Nord-Gabon. Memoire Pour L'obtention Du Diplome D'ingenieur Des Techniques Des Industries Agricoles Et Alimentaires. Efitiaa/Ensiasiarc. Montdeilier. Sedtembre 1992.
- Giraud E., Brauman A., Keleke S., Gosselin L. & Raimbault M. (1995).** Contrôle De La Fermentation Du Manioc Pour Un Meilleur Gari : Utilisation D'un Ferment De *Lactobacillus Plantarum* A Activite Linamarase Et Amylase In Agbor (E.), Brauman (A.), Griffon (D.) Treche (S.) Ed. :*Transformation Alimentaire Du Manioc*. Orstom. Paris.
- Grace M. R. (1978).** Traitement Du Manioc. Rome, Collection Fao, Production Vegetale Et Protection Des Plantes, Volet 3, 163p Chuzel, G. 1989. Etude Des Traitements Technologiques Intervenant Lors De La Transformation Du Manioc En Gari. These De Doctorat-Ingenieur. Ensam, Montpellier. 195p.
- Gregson C. M., Hill S.E., Mitchell J.R. & Smewing J. (1999).** Measurement Of The Rheology Of Polysaccharide Gels By Penetration. *Carbohydrate Polymers*, 38. 255-251.
- Heuze V., Tran G., Bastianelli D., Archimede H., Lebas F., Regnier C. (2012).** Cassava Tubers, *Feedipedia.Org*.
- Heuze V., Tran G., Bastianelli D., Archimede H., Lebas F., & Regnier C. (2013).** Cassava Peels, Cassava Pomace And Other Cassava By-Products, *Feedipedia.Org*.
- Hongbete F., Nago M. C., Mestres C. (2004).** Effet De La Variete Et De La Technologie Sur La Qualite Sanitaire Et La Couleur De Deux Farines Derivees Du Manioc. Journees Scientifiques Internationales Des Universités Nationales Du Benin. 2
- IITA (1990).** Le Manioc En Afrique Tropicale. Un Manuel De Reference. Ibadan, Nigeria, 190p.
- IITA (International Institute Of Tropical Agriculture) (1990).** Postharvest Technology In: Cassava In Tropical Africa. *A Reference Manual*. International Institute Of Tropical Agriculture (Iita), Ibadan, Pp. 82–120.

- Irtwange S.V. & Achimba O. (2009).** Effect Of The Duration Of Fermentation On The Quality Of Gari, *Current Research Journal Of Biological Sciences* 1(3): Pp. 150 – 154, Maxwell Scientific Organization, Issn: 204 – 0778.
- Kakou A.C., Koussemeon M., Koffi R.N., Toka M., Guédé-Guina F., Dosso M., Zinsstag J., Agbassi B.R. (2007).** Etudes Physico-Chimique Et Microbiologique De La Pâte De Manioc Au Cours De Sa Conservation. In Actes Du 1er Atelier International Sur Potentialites A La Transformation Du Manioc (Manihot Esculenta, Crantz) En Afrique De L'ouest Abidjan-Cote D'ivoire, Pp 256 – 260.
- Kasi M., Yashotha Kuppusamy S. & Al-Sohaibanil S. (2012).** Detoxification of Cyanides in Cassava Flour by Linamarase Of *Bacillus subtilis* Km05 Isolated From Cassava Peel, *African Journal Of Biotechnology*, Vol. 11(28), Pp. 7232-7237.
- Kobawila S. C., Louembe D., Keleke S., Hounhouigan J. And Gamba C. (2005).** Reduction Of The Cyanide Content During Fermentation Of Cassava Roots And Leaves To Produce *Bikedi* And *Ntobambodi*, Two Food Products From Congo, *African Journal Of Biotechnology* Vol. 4 (7), Pp. 689-696, Issn 1684–5315
- Lebot v. (2008).** Ameliorer les plantes a racines et tubercules tropicales. Cirad. 2 P.
- Makkar H. P. S., Siddhuraju P. & Becker K. (2007).** Plant Secondary Metabolites. In Methods in Molecular Biology. Humana Press Inc., Totowa, Nj, Vol. 393, Pp. 61-68.
- Muchnik J. & Vinck D. (1984).** La Transformation Du Manioc : Technologies Autochtones. Paris. Pp.11-18
- Mufumbo R., Baguma Y., Kashub S., Nuwamanya E., Rubaihayo P., Mukasa S., Hamaker B. & Kyamanywa S. (2011).** Functional Properties of Starches on The East African Market. *African Journal of Food Science*. 5(10): 594-602.
- Mvila A. C. & Magema Mbongo J. M. (2006).** Situation Du Manioc En Republique Du Congo : Etat Des Lieux Et Perspectives. Fiat Panis, Fao.
- Nago C. M. (1997).** La Transformation Alimentaire Traditionnelle Du Maïs Au Benin : Détermination Des Caractéristiques Physico-Chimiques Des Variétés En Usage, Relation Avec L'obtention Et La Qualité Des Principaux Produits Dérivés. Thèse De Doctorat D'état Es-Sciences, Université Paris 7, 201p.
- Nuwamanya E., Baguma Y., Wembabazi E. & Rubaihayo P. (2011).** A Comparative Study of the Physicochemical Properties Of Starches From Root, Tuber And Cereal Crops. *African Journal of Biotechnology*, 10(56): 12018-12030.
- Nweke F.I. (2004).** New Challenges in The Cassava Transformation In Nigeria And Ghana. Eptd Discussion Paper N° 118. Environment and Production Technology Division International. Food Policy Research Institute. Washington.
- Okezie B.O. Et Kosikowski F.V., 1982.** Cassava As A Food. *Crc Critical Reviews In Food Science And Nutrition* 17 (3): 259-275.
- Onwueme I.C. (1978).** The Tropical Tuber Crops. Chichester, United Kingdom, 234 P.
- Onwueme I. C. & Sinha T.D. (1991).** Field Crop Production In Tropical Africa. Cta, Ede, The Netherlands, 480p.

- Oyewole O. B. (1995).** Application Of Biotechnology To Cassava Processing In Africa. In: Egbe T.A., Brauman, A., Griffon, D., Treche, S. (Eds). *Transformation Alimentaire Du Manioc*. (Cassava Food Processing). Orstrom, Paris, France, Pp. 277–286.
- Oyewole O. B., Olatunji O. O. & Odunfa S. A. (2004).** A Process Technology For Conversion Of Dried Cassava Chips Into Gari, *Nigerian Food Journal*, Vol. 22, Pp. 65 – 73.
- Padonou W., Mestres C. & Nago, C. M. (2005).** The Quality Of Boiled Cassava Roots: Instrumental Characterization And Relationship With Physicochemical Properties And Sensorial Properties. *Food Chemistry*, N°89, Pp. 261-270.
- Pndrt (2006).** Etude Sur L'observatoire Des Racines Et Tubercules. Rapport De Première Phase. Programme National De Développement Des Racines Et Tubercules, Minader, Cameroun. 143p.
- Programme National de Développement des Racines et Tubercules (Pndrt, 2003).** Analyse De La Demande Et Des Marches Et Propositions Pour Améliorer L'efficacité De La Commercialisation Des Racines Et Tubercules Et Augmenter Le Revenu Des Producteurs. Minader, 44 P.
- Purseglove J. W. (1987).** Tropical Crops. Dicotyledons. Harlow, United Kingdom 607p.
- Rainbaul D. (1995).** Bactéries Lactiques Et Fermentation Du Manioc In Agbor (E.), Brauman (A.), Griffon (D.) Treche (S.) Ed. :*Transformation Alimentaire Du Manioc*. Orstom. Paris Pp. 258-275.
- Tetchi F. A., Solomen O. W., Célah K. A. & Georges A. N. (2012).** Effect Of Cassava Variety And Fermentation Time On Biochemical And Microbiological Characteristics Of Raw Artisanal Starter For Attiéké Production. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 10: Pp.40– 47
- Thomas D., & William, A. (1977).** Gelatinization, Pasting, And Retrogradation. *Starches*. Eagen Press. Pp. 25-30.
- Tiki Mpondo, 1995. Traitement Du Manioc, Propriété Des Farines Et Qualité Du Fofou**
- Trèche.) , Ma~Saaiba0 .)1 995 - Ct Les Modes De Transformation Traditionnels Du Manioc Au Congo S . Ifl Agbor-Egbe (T.), Erauman (A.), Griffon (II.)T, Rpche [S.:) Ed. : *Fiansfortmfion Alinzerztnire Du Matzioc*. Paris. Orstom : Sous Presses.**
- Treche S Brauman A., Keleke S., Ampe F., Miambi E., Malonga M., Mavoungou O., Kobawila S.C., Lowembe D., Avouampo E., Giraud E., Lelong B. & Raimbault M. (1990).** Le Rouissage Du Manioc: Une Technique Traditionnelle Utilisée En Afrique Centrale. Poster Présenté Au Sème Rencontres Internationales Agropolis, Semaine Internationale De L'alimentation, De La Nutrition Et De L'agro-Industrie, 4-7/12/90, Montpellier.
- Wolff, J. P. (1968).** Manuel D'analyse Des Corps Gras; Azoulay Ed., Paris, 519 P.

# ANNEXES

**Annexe 1** : vocabulaire pour analyse sensorielle

## Annexe 2 : Fiche d'évaluation sensorielle

Attribut sensoriel	définition	Protocole de dégustation
Couleur	Sombre (ou encore pâle), éclatante (inclue translucide, brillant) Homogène : couleur uniforme sur toute la tranche	Regarder chaque échantillon et noter sa couleur sur la surface ainsi que sur la tranche
Présence de tâches	Points de couleur multicolore ou encore saleté	Evaluer chaque échantillon proportionnellement à la présence de tâche multi couleur
Texture à la vue	Rugueux : présence de granularité en passant le doigt sur le produit Lisse : sans imperfection Fibreuse : présence de fibre au regard du produit Poreuse : présence e petit trou sur le produit	Regarder chaque échantillon et noter ce que vous voyez
Texture au toucher	Collant : colle sur les doigts ou encore présence de feuille sur le <i>bobolo</i> Elastique : mesure de la pression de deux doigts dans le sens perpendiculaire à la section Tendre : facile à couper Ferme : qui a de la consistance, stable	Toucher chaque échantillon dans l'ordre présenté et noter ce que vous ressentez au toucher
Odeur de <i>bobolo</i>	Odeur du cuit	Faites passer chaque échantillon sur le nez et relevez l'odeur que vous ressentez
Odeur globale	Toute odeur ressentie	
Goût	Caoutchouteux : impression de résistance à la mastication (intègre résistance à la morsure et le facile à mâcher)	Se rincer la bouche après chaque échantillon pour une meilleure évaluation
Flaveur	Goût sucré croissant (inclue l'arrière - goût ressentie)	

Nom \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_

Nous vous proposons cinq échantillons de bobolo à tester l'un après l'autre. Pour chacun d'eux, évaluez l'intensité de chacun des descripteurs en utilisant l'échelle ci-dessous.

Indiquez la note de l'intensité choisie par un trait vertical au-dessus duquel vous noterez le numéro de l'échantillon.

Chaque ligne de descripteur comprendra cinq notes correspondant à chaque échantillon.

Nous vous recommandons de vous rincer la bouche entre chaque échantillon pour une meilleure évaluation.

Évaluer les échantillons dans l'ordre indiqué ci-dessous

Ordre des échantillons 1er \_\_\_\_\_ 2eme \_\_\_\_\_ 3eme \_\_\_\_\_ 4ème \_\_\_\_\_ 5ème \_\_\_\_\_

#### Descripteurs

##### Apparence

##### Surface du bobolo

Couleur Sombre |-----| Eclatant

Présence de tâches Aucune |-----| Beaucoup

##### Tranche ou section bobolo

Couleur Moins homogène |-----| Plus homogène

Texture Moins fibreuse |-----| Plus fibreuse

Porosité Moins poreuse |-----| Plus poreuse

##### Texture au toucher

Collant quand on touche le bobolo Moins collant |-----| Plus collant

Elasticité quand on presse entre 2 doigts Moins élastique |-----| Plus élastique

Tendreté Tendre |-----| Ferme

##### Odeur

Parfum global Faible |-----| Intense

Parfum de bobolo Faible |-----| Intense

##### Goût

Goût sucré Faible |-----| Fort

Goût acide Faible |-----| Fort

Flaveur faible |-----| Persistante

Goût de feuille faible |-----| Fort

Goût de cuit faible |-----| Fort

##### Texture dans la bouche

Fibreux faible |-----| Fort

Caoutchouteux faible |-----| Fort

### Annexe 3 : Matrice de corrélation de Pearson entre les différents attributs

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1- Couleur surface	<b>1</b>																
2- Tâches en surface	-0,065	<b>1</b>															
3- Couleur section	0,446	0,355	<b>1</b>														
4- Texture section	-0,371	-0,158	-0,032	<b>1</b>													
5- Porosité section	-0,347	0,397	-0,136	0,021	<b>1</b>												
6- Collant au toucher	-0,201	0,064	0,053	0,358	<b>0,543</b>	<b>1</b>											
7- Elasticité au toucher	0,033	-0,110	<b>0,598</b>	0,151	-0,297	0,224	<b>1</b>										
8- Tendreté au toucher	-0,338	-0,084	0,196	0,006	0,236	0,184	<b>0,587</b>	<b>1</b>									
9- Odeur globale	0,008	-0,161	0,164	<b>0,616</b>	0,091	0,110	-0,143	0,042	<b>1</b>								
10- Parfum de Bobolo	0,233	-0,037	0,070	0,321	-0,441	-0,521	-0,177	-0,378	0,464	<b>1</b>							
11- Goût sucré	-0,258	0,218	0,373	0,147	0,449	0,324	0,436	<b>0,770</b>	0,242	-0,183	<b>1</b>						
12- Goût acide	-0,022	-0,032	0,035	-0,059	<b>0,614</b>	0,523	-0,103	0,397	0,315	-0,499	0,518	<b>1</b>					
13- Flaveur	0,155	0,073	0,499	0,002	0,338	0,300	0,323	<b>0,624</b>	0,476	-0,210	<b>0,713</b>	<b>0,592</b>	<b>1</b>				
14- Goût de feuille	0,006	-0,398	-0,144	-0,285	0,006	-0,122	-0,320	0,094	0,306	-0,226	0,026	0,483	0,353	<b>1</b>			
15- Goût de cuit	-0,082	-0,450	0,276	0,216	-0,178	0,320	<b>0,750</b>	<b>0,634</b>	0,089	-0,249	0,292	0,080	0,371	0,016	<b>1</b>		
16- Fibreux en bouche	-0,417	0,032	-0,402	0,343	0,358	0,056	-0,172	0,202	0,221	0,337	0,269	-0,118	0,041	-0,286	-0,121	<b>1</b>	
17- Caoutchouteux en bouche	-0,098	-0,468	0,205	0,105	-0,153	0,307	<b>0,597</b>	0,415	0,040	-0,401	0,135	0,201	0,284	0,218	<b>0,799</b>	-0,437	<b>1</b>

*Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05*



**Annexe 4** : plan de localisation du GIC OTRTM

