

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail - Patrie

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT

SUPÉRIEUR



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace - Work - Fatherland

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION



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

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur de conception en Industries
Agricoles et Alimentaires**

ETUDE D'UN SYSTEME DE PRODUCTION DE FARINE DE MANIOC DE HAUTE QUALITE ET PROPOSITION D'AMELIORATIONS

Stage effectué à PALOGS et à l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-
Industrielles (ENSAI)

Par

NKENNE DOUANLA Herbert Roch (11I086EN)

(Licence ès Sciences, option Biochimie)

Sous la supervision industrielle de

M. MBANDA NJILE George

Manager agricole

Sous la supervision académique de

NDJOUENKEU Robert

Professeur, ENSAI

NGUIMBOU Richard M.

Charge de cours, ENSAI

Année académique 2013/2014

DEDICACES

Je dédie ce travail à ma famille et à toutes les personnes dont j'ai fait la connaissance durant mon séjour dans la ville de Ngaoundéré.

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

Je ne saurais commencer sans remercier Dieu le Très Haut pour tout son amour et toutes les merveilles qu'il a accompli pour moi, et surtout d'avoir mis sur mon chemin ces personnes sans qui ce travail n'aurait pas éclos. Il s'agit de :

- **Professeur NSO Emmanuel**, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI) de l'Université de Ngaoundéré ;
- Mes encadreurs académiques, **Professeur NDJOUENKEU Robert**, et **Docteur NGUIMBOU Richard Marcel**, pour avoir suivi méticuleusement ce travail ;
- Mon encadreur industriel, **Monsieur MBANDA NJILE George**, pour avoir accepté de m'accueillir dans sa structure et pour sa patience ;
- Tous mes enseignants de l'ENSAI pour avoir participé à forger la personne que je suis aujourd'hui ;
- **NGOUALEM Franklin** pour son dévouement à mon encadrement en laboratoire et pour le grand frère qu'il est ;
- **Monsieur BINDZI Jean-Marcel** pour son attention et ses conseils;
- Mes camarades du Laboratoire de Physicochimie Alimentaire de l'ENSAI : **Patrick, Charlène, Walter, Valery et Francine**
- Tous mes camarades de la promotion 18 des Ingénieurs Agricoles et Alimentaires de l'ENSAI ;
- Enfin tous ceux qui ont fait partie de mon entourage durant mon séjour à Ngaoundéré : **Steve, Ornela, Lino Vie, Patson, Sandra, Kelly, Grace, Brice, Isaac, Amour, etc.**

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	ii
SPONSORING.....	iii
REMERCIEMENTS	iv
RESUME.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES ANNEXES.....	xi
LISTE DES PHOTOS	xii
LISTE DES ABREVIATIONS	xiii
<i>CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE</i>	3
I.1. Généralité sur le manioc	4
I.1.1. Aspect botanique :.....	4
I.1.2. Composition chimique	5
I.1.3. Toxicité du manioc : linamarine et lotaustraline.....	6
I.2. Production du manioc	7
I.2.1. Production mondiale	7
I.2.2. La production de manioc au Cameroun : Le niveau de production	7
I.3. Les techniques et les produits dérivés du manioc au Cameroun	8
I.4. La Farine de Manioc de Haute Qualité (FMHQ)	10
I.4.1. Quelques critères de qualité de la Farine de Manioc Haute Qualité selon la East African Community (EAC)	12
1. Matière première	12
2. Conditions de qualité générales pour la farine de manioc de haute qualité.....	12
3. Propriétés physiques.....	12
4. Propriétés chimiques	12
I.4.2. Usages de la FMHQ.....	13
I.5. La panification	13
I.5.1. Constituants biochimiques de la farine de blé et leurs rôles en panification	13
1. Les cendres	13
2. Les protéines.....	14
3. Les glucides.....	15
I.6. La problématique de la qualité des produits du manioc pour les marchés : cas de PALOGS	17
CHAPITRE II :	18
<i>Diagnostic des pratiques techniques, de la rentabilité et de la qualité des produits PALOGS</i>	18

Introduction	19
I. Outils et méthodes	20
I.1) Outils.....	20
I.3) Méthodologie.....	21
II. Résultats et discussion	29
II.1.1) Brainstorming et observation	29
CONCLUSION PARTIELLE.....	48
CHAPITRE III :	49
<i>Valorisation des farines de manioc de PALOGS en panification</i>	49
INTRODUCTION.....	50
III.1) Matériels et méthodes	51
III.1.1) Obtention et préparation des farines.....	51
III.2) Résultats et discussion	56
III.2.1) Profil de viscosité.....	56
III.2.2) La panification	58
III.2.3) Densités des pains	59
II.3) Profiles de vieillissement.....	61
CONCLUSION PARTIELLE.....	65
CHAPITRE IV : Proposition d'un modèle économique convenable, et évaluation financière	66
Introduction	67
IV.1) Résumé des principales données du système de production actuel de FMHQ de PALOGS...	68
IV.2) Objectifs de production et ventes.....	69
IV.3) Coûts et financement	71
IV.3.1) Investissement.....	71
III.2) Le personnel.....	74
IV.3.2) Structure des coûts pour la production d'une tonne de FMHQ (coûts directs).....	74
IV.3) Les frais généraux (charges fixes)	77
IV.4. Analyse de la rentabilité.....	78
IV.4.1) Compte de résultat prévisionnel.....	78
IV.4.2) Evaluation du seuil de rentabilité.....	79
IV.4.3) Calcul de la Valeur actuelle nette (VAN)	79
IV.5. Résumé et commentaires sur les indicateurs de rentabilité financière du projet.....	80
CONCLUSION GENERALE	82
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	85
ANNEXES	90

RESUME

Face à une difficulté à maîtriser sa production de farine de manioc de haute qualité (FMHQ) et à satisfaire sa clientèle en termes de qualité et de quantité de produit, le Groupement d'Initiative Commune PALOGS (Pepper/Plantains, Avocados, Limes/lemon, Oranges, Grapes and Snails) a décidé d'améliorer son système de production plutôt que de céder au découragement. C'est de cette volonté qu'est né ce travail qui porte sur l'étude du système de production de FMHQ de PALOGS et proposition d'améliorations. L'objectif visé par cette étude était d'améliorer le système de production de la farine de manioc de PALOGS pour répondre aux exigences du marché. Pour mener à bien ce travail, il a été question tout d'abord de faire un état des lieux sur la pratique technique, la rentabilité et la qualité des farines. Ensuite il était question d'appliquer les farines produites à PALOGS en panification en substitution au blé, et d'évaluer la qualité physicochimique des farines composites et des pains. Enfin il a été monté sur la base des acquis de l'entreprise, un modèle économique viable. Le diagnostic du système de production a révélé que PALOGS fait face à un certain nombre de contraintes environnementales, techniques, et sociales qui minent son activité. Parmi celles-ci peuvent être mentionnés la difficulté d'accès au marché, l'approvisionnement inadéquat en manioc, le mauvais dimensionnement de l'unité de production, séchage difficile, et la prédominance d'une main d'œuvre féminine et non formée. De même ce diagnostic révèle que l'activité n'est pas rentable, avec un profit net annuel négatif, de **-307 600 FCFA**. D'autre part, l'analyse de la qualité physicochimique des FMHQ produites à PALOGS montre que même si les teneurs en amidon, en eau et l'acidité totale et les températures d'empesage des FMHQ respectent les limites acceptables, la teneur en cyanure est très élevée, allant parfois jusqu'à quatre (4) fois la valeur de la limite admise par la norme du marché. De même, la teneur en cendres, la granulométrie ne respecte pas ce même référentiel. Les profils RVA des FMHQ ainsi que des farines composites manioc/blé révèlent que l'indice de viscosité (SETBACK) est d'autant plus faible que le taux de substitution est grand. En outre, les essais de panification et la mesure de quelques paramètres physiques des pains montrent que pour les pains français, l'on peut substituer jusqu'à 20% la FMHQ à la farine de blé sans que la différence avec le pain au de blé ne soit perceptible sur le plan de l'aspect, de la densité de la texture et de la vitesse de rassissement. Pour les pains au lait, des substitutions de 30% sont possibles. Tout ceci sans emploi d'agent texturant (améliorant). Enfin, le modèle économique proposé établi que pour un débit de production de 5t de manioc par jour et avec un investissement supplémentaire de 10 450 000 FCFA, l'entreprise dégagerait un profit net de **7 036 000 FCFA** par an, soit **24 730 100 FCFA pour les cinq premières années**. De même, ce model génèrerait un Cash-flow net de **40 130 100 FCFA sur les cinq années considérées**. Le model est assez stable sur les 5 années, avec une VAN positive et égale à **25 546 245 FCFA** pour un taux d'actualisation fixé à 15%.

ABSTRACT

Due to a difficulty of controlling its High Quality Cassava Flour (HQCF) production and of satisfying its customers in terms of quality and quantity of product, the Common Initiative Group *PALOGS* (*Pepper/Plantains, Avocados, Limes/lemon, Oranges, Grapes and Snails*) decided to rather improve its system of production than to fall into discouragement. It is of this will that was born this work which relates to the study of the production system of *the PALOGS's HQCF*, and proposals for an improvement. The aim of this study was to improve the system of production of the *PALOGS's* cassava flour to fulfil the requirements of the market. To reach that goal, we have proceeded first of all by making an inventory of fixtures about the technical practice, the yield, the profitability and the quality of the flours. Then we have applied the flours produced at *PALOGS* in baking, in substitution for wheat flour, and then we have evaluated the physico-chemical quality of the composite flours and breads. Finally it was assembled on the basis of asset of the company, a viable economic model. The diagnosis of the system of production revealed that *PALOGS* faced a certain number of environmental, technical, and social constraints which undermine its activity. Among those can be mentioned the difficulty of access to the market, the inadequate cassava supply, the bad dimensioning of the manufacturing unit, difficulties on the drying operation and the prevalence of a female and not formed labour. In the same way this diagnosis reveals as the activity is not profitable, with a negative annual Net Profit of **-307 600 FCFA**. In addition, the analysis of the physico-chemical quality of the produced from *PALOGS* shows that even if the contents of starch, water and total acidity and pasting temperatures of the *HQCF* respect the acceptable limits, the cyanide content is very high, going sometimes up to four (4) times the value of the allowed limit by the market standard. In the same way, the ash content, granulometry does not respect this same reference frame. RVA Profiles of the HQCF as of the composite cassava/wheat flours reveal that the index of viscosity (*SETBACK*) is all the more weak as the rate of substitution is large. Moreover, the baking and the measurement of some physical parameters of the breads show that for the French breads, one can substitute up to 20% the *HQCF* with wheat flour without the difference with the wheat bread being perceptible in the field of the aspect, of the density of the texture and the speed of staling. For the milky breads (kumba breads formulation), substitutions of 30% are possible. All this without use of texturing agent (improving). Lastly, the economic model suggested established that for a flow of production of 5t of cassava per day and with an additional investment of 10 450 000 FCFA, the company would release a net profit of **7,036 million FCFA** per annum, which means **24 730 100 FCFA for the first five years**. In the same way, this model will yield a net Cash flow of **40 130 100 FCFA over the five years considered**. The *model* is rather stable over the 5 years, with a positive ANV equal to **25 546 245 FCFA** for an up-dating rate fixed at 15%.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Composition chimique du manioc (pour 100 g de matière sèche)	6
Tableau 2: Quelques paramètres de qualité requis	12
Tableau 3: Descriptif des échantillons de farines	23
Tableau 4: Profil STD1 du RVA utilisé pour les propriétés rhéologiques des pâtes	24
Tableau 5: rendements des productions	40
Tableau 6: Investissement actuel en infrastructure et équipements et d'amortissement	41
Tableau 7: Coûts annuels de production de FMHQ	42
Tableau 8: compte de résultat différentiel	43
Tableau 9: Quelques caractéristiques physicochimiques des FMHQ de PALOGS	45
Tableau 10: ingrédients pains français	53
Tableau 11: Ingrédients pains au lait	53
Tableau 12: Densités des pains ordinaires ou pains français	60
Tableau 13: densités des pains au lait	60
Tableau 14: Résumé des données technico-économiques du système de production de FMHQ	68
Tableau 15: prévisions de ventes	70
Tableau 16: Matériels et équipements de production (1 ^{ère} année)	73
Tableau 17: structure des coûts directs de production	74
Tableau 18: Coûts de marges brutes annuels	75
Tableau 19: Frais de personnels	76
Tableau 20: charges fixes	77
Tableau 21: compte de résultat prévisionnel sur 5 ans	78
Tableau 22: Evaluation du seuil de rentabilité sur cinq ans	79

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Racines tubéreuses de manioc (ZOUMENOU, 1994)	5
Figure 2: Diagramme de production de Farine de Manioc de Haute Qualité à partir de racines fraîches de manioc.	11
Figure 3: Diagramme PALOGS de production de FMHQ	33
Figure 4: classification des contraintes selon les 5M	40
Figure 5: Procédé de panification.....	54
Figure 6: Influence du taux de substitution sur quelques paramètres rhéologiques (température de gélatinisation, setback, breakdown) des farines composites manioc/blé.....	56
Figure 7: profils de vieillissement des pains français.....	62
Figure 8: Profils de vieillissement des pains au lait	63

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Mies des pains français	90
Annexe 2: Mies des pains au lait.....	90
Annexe 3: Présentation de l'entreprise.....	90
Annexe 4: Profil de viscosité d'une farine.....	91

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: grattoir électrique	30
Photo 2: presse mécanique	30
Photo 3: séchoir hybride à claies	31
Photo 4: Moulin à marteau	31
Photo 5: Machine à sceller électrique.....	32
Photo 6: Balances	32
Photo 7: Pains ordinaires (du haut vers le bas, de la gauche vers la droite : 0%, 10%, 20% et 30% de farine de manioc).....	58
Photo 8: Pains au lait (du haut en bas et de gauche à droite : 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, et 50%)	58

LISTE DES ABREVIATIONS

CEMAC: Communauté Economique et Monétaire d’Afrique Centrale.

EAC: East African Community.

EAS: East African Standard.

EBE: Excédent Brute d’Exploitation.

FAO: Food and Agriculture Organization.

FMHQ: Farine de Manioc de Haute Qualité.

GIC: Groupement d’Initiative Commune.

IFAD: International Fund for Agriculture Development.

IITA: International Institute of Tropical Agriculture.

PALOGS: Pepper/Plantains, Avocados, Limes/lemon, Oranges, Grapes and Snails.

VAN: Valeur Actuelle Nette.

NEPAD : Nouveau Partenariat pour le Développement de l’Afrique (New Partnership for Africa's Development).

INTRODUCTION GENERALE

Le manioc (*Manihot esculenta* crantz) est une plante de la famille des Euphorbiacées originaire d'Amérique du sud. Elle a été diffusée pendant des siècles et aujourd'hui on la retrouve dans tous les continents, les principales régions cultivatrices étant l'Asie du Sud-Est, l'Amérique du Sud et l'Afrique subsaharienne (Jones, 1959). Comme pour plusieurs pays de cette dernière zone, le manioc est la principale culture vivrière du Cameroun. Le manioc a longtemps été considéré comme aliment du pauvre, car en observant les régions du monde où cette plante est le plus cultivé, on se rend compte que se sont principalement les populations paysannes les plus pauvres. En effet, comme le confirme les données de la FAO (2012), le manioc est cultivé principalement dans les pays dits « pauvres », avec environ 30% de pays africains. La seule production africaine s'élèverait à environ 57% de la production mondiale, soit 131.1 millions de tonnes en 2008 (FAOSTAT). Cette conception à tout de même évoluée au fil des années avec des travaux de recherches agricoles qui ont très vite révélé les potentialités de cette plante (capacité de croissance dans des conditions écologiques défavorables pour beaucoup d'autres plantes, rendement, qualité de l'amidon, diversité des produits dérivés, etc.), et ainsi suscitée l'intérêt des institutions gouvernementales internationales. Le NEPAD (2004) l'a notamment présenté comme un moyen de lutte contre la pauvreté. Tout ceci contribua à faire passer progressivement cette plante de culture du pauvre à culture de rente (Maziya et al., 2005). C'est ainsi que de nombreux projets de valorisation vont voir le jour à tous les niveaux de la filière manioc. Certains d'entre eux sont axés sur la mise au point de variétés améliorées de plus en plus résistantes aux ravageurs et à fort rendement, d'autres visent à booster la production des racines tubéreuses, et d'autres enfin sont axés sur l'aspect transformation et commercialisation des produits à base de manioc. Ce dernier axe de projet en particulier vise à valoriser le manioc par la transformation pour le marché. Les travaux menés jusqu'ici sur le développement des systèmes de production ont conduit principalement au renforcement des capacités des producteurs ruraux par la mise à leur disposition de variétés améliorées à haut rendement et plus résistantes aux conditions de cultures défavorables, la formation aux techniques de cultures et de transformation du manioc, le développement des unités locales de fabrication d'équipements de production peu onéreux, et plus important l'incitation au regroupement en associations afin d'accroître leur productivité. Toutefois, ces programmes n'assurent en général pas le suivi des populations cibles. Ainsi, avec l'évolution de l'environnement socioéconomique, notamment des marchés, ces systèmes font désormais face à la difficulté de restructuration pour faire face à ces changements. Faisant directement suite au souci de créer de la valeur ajoutée, se pose désormais celui d'assurer la qualité pour faire face aux nouvelles contraintes de l'environnement tout en assurant la

rentabilité des activités. Les acteurs de la transformation du manioc doivent notamment faire face aux exigences et normes qui sont mises au point pour créer un cadre règlementaire pour les pratiques. Ainsi, les transformateurs locaux dont PALOGS, Groupement d'Initiative Commune de la localité d'Ekondo Titi dans le Sud-Ouest Cameroun, est contraint de s'arrimer à ces exigences afin de conserver son marché. En outre, les marchés s'ouvrent de plus en plus et la demande en produits transformés de manioc va grandissante. PALOGS, producteur de « farine de manioc de haute qualité », c'est-à-dire de farine non fermentée de manioc à usage industriel divers, et dont le principal marché est situé au Nigéria, est donc dans le besoin d'un système de production plus efficient pouvant répondre à cette demande. Toutefois, cette entreprise fait face à un certain nombre de problèmes qui ont tendance à décourager les initiatives de ses promoteurs. Ces problèmes constituent un véritable frein à l'expansion des activités de transformations alimentaires paysannes dans la région, et sont notamment liés à la non-disponibilité de la matière première (en quantité et en variété), à la technologie de transformation en farine (problème d'énergie, notamment pour l'opération de séchage), et au marché (exigences normatives du marché nigérian). L'enjeu de ce travail est d'analyser la situation et de trouver des solutions idoines à ces problèmes pour palier au risque de découragement, et améliorer la qualité du produit (farine de manioc). Dès lors comment élaborer et proposer des solutions à ces problèmes ? L'objectif général de ce travail est de proposer à PALOGS des solutions qui lui permettront d'améliorer son système de production de la farine de manioc pour répondre aux exigences du marché. Plus spécifiquement, il s'agira de :

- Diagnostiquer les pratiques et les contraintes spécifiques à l'entreprise, évaluer la rentabilité de l'activité et analyser le procédé ainsi que la qualité des produits par rapport aux contraintes normatives ;
- D'appliquer les farines produites à PALOGS en panification en substitution au blé, et d'évaluer les caractéristiques technologiques et physicochimiques des mélanges de farines et des pains;
- D'effectuer sur la base des acquis de l'entreprise, des calculs économiques prévisionnels afin de proposer un modèle économique viable.

*CHAPITRE I :
REVUE DE LA
LITTERATURE*

I.1. Généralité sur le manioc

Le manioc (*Manihot esculenta Crantz*) est un arbuste tropical de la famille des Euphorbiacées. C'est une plante originaire d'Amérique du Sud (Nord-Est du Brésil), mais qui au fil des siècles a été largement diffusée dans presque toutes les contrées du milieu tropical. En 2005, la production mondiale de manioc est évaluée à plus de 200 millions de tonnes (FAOSTAT, 2005), ce qui montre à quel point cette culture est devenue importante pour des populations aussi diverses que nombreuses. Plusieurs raisons peuvent être associées à cet essor, mais la plus sensible paraît être le fait que cette plante produit non seulement des racines riches en glucides (source d'énergie), vitamines et minéraux, mais aussi des feuilles comestibles riches en protéines, ainsi que des tiges ré-exploitable comme semences ainsi que des écorces (épluchures des racines) pouvant servir à la production de biocarburant (Agbor et *al.*, 1995).

Le manioc a été introduit en Afrique par les Portugais, par la côte Ouest et par le bassin du Congo, dans la seconde moitié du XVI^{ème} siècle (Onwueme, 1978). Il faudra attendre le XVIII^{ème} siècle pour que la diffusion de cette culture se fasse en Afrique de l'Est, et ce n'est qu'à partir de cette période qu'elle se répand fortement en Afrique (par les forces coloniales), du fait de sa grande aptitude à pallier à la famine.

I.1.1. Aspect botanique :

D'un point de vue botanique, le manioc est un arbuste de 1 à 4m de haut qui pousse bien dans des sols légers et sablonneux, à fertilité moyenne, et pouvant néanmoins s'accommoder aux sols médiocres et aux conditions climatiques difficiles. Ses racines tubérisées en sont le principal produit consommable, chaque tubercule pouvant atteindre 100cm et peser jusqu'à 3Kg (Onwueme et Sinha, 1991; Purseglove, 1987). En outre, selon que la teneur en glucosides cyanogénétiques soit inférieure ou supérieure à 100mg/Kg de tubercule, on distingue respectivement les variétés douces et les variétés amères.

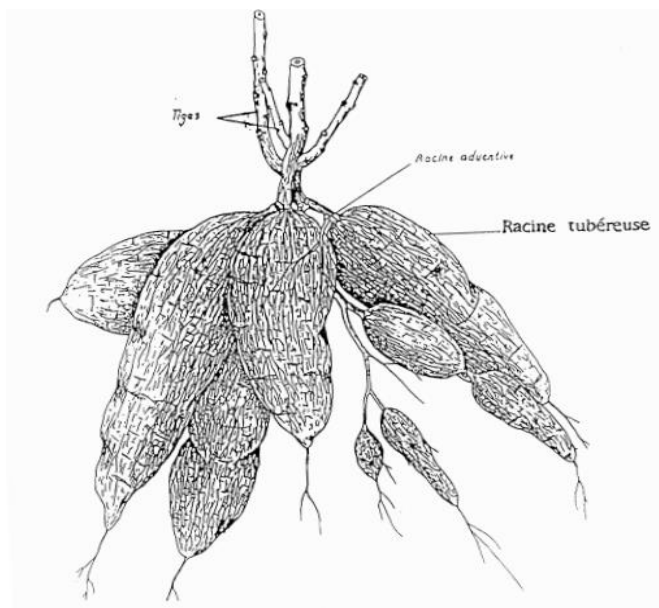


Figure 1: Racines tubéreuses de manioc (ZOUMENOU, 1994)

I.1.2. Composition chimique

Le tubercule de manioc est essentiellement un aliment énergétique, de par sa richesse en amidon sa teneur très faible en d'autres nutriments (protides, lipides et sels minéraux). Elle est également peu encombrée d'indigestible glucidique, assez bien pourvue d'acide ascorbique (vitamine C). De plus, les acides aminés sont très mal équilibrés: 25% d'entre eux seulement sont essentiels, les acides aminés soufrés puis en second lieu le tryptophane sont les facteurs limitant et le déséquilibre est aggravé par un grand excès d'arginine (BUSSON, 1965).

Selon la FAO (2004), les principales parties du plan de manioc mature exprimée en pourcentage du tout le plant sont des feuilles (6%) ; les tiges (44%); et les racines terrifiées (50%). Les racines et les feuilles sont les deux parties nutritionnellement valables, qui offrent le potentiel comme source d'alimentation. Toujours selon les données de la FAO, les racines de manioc sont essentiellement une source d'hydrate de carbone. Sa composition montre 60-65 pour cent d'humidité, hydrate de carbone des pour cent 20-31, 0.2-0.6% extraits d'éther, 1-2 pour cent de protéine brute et une teneur comparativement basse en vitamines et minéraux. Cependant, les racines sont riches en calcium et vitamine C et contiennent des quantités nutritionnellement significatives de thiamine, acide nicotinique et de riboflavine (FAO, 2004). Pour ce qui est des **glucides**, l'amidon en constitue entre 64 et 72%. La teneur en amidon augmente avec la croissance des racines et atteint un maximum entre le 8^{ème} et le 12^{ème} mois après plantation. Ensuite, on observe des diminutions d'amidon et des augmentations de contenu

en fibres. L'amidon de manioc contient environ 20-30% d'amylose et 70-80% d'amylopectine (FAO, 2004). Les racines de manioc contiennent également du sucrose, maltose, glucose et fructose à des teneurs limitées. L'amidon cru de la racine de manioc a une digestibilité de 48.3% tandis que l'amidon cuit a une digestibilité de 77.9% (FAO).

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

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

Source : ^{a)} CIAT (1994), ^{b)} Okezie et Kosikowski (1982).

I.1.3. Toxicité du manioc : linamarine et lotaustraline

Identiques sur le plan de la qualité, ces glucosides sont présents dans le manioc dans le rapport 93% à 97% pour la linamarine contre 7 à 3% de la lotaustraline (COURSEY, 1983). Cette racine tubéreuse est souvent classifiée comme "amer" ou "doux" selon sa teneur en cyanure. Cependant, plusieurs études ont montré que l'amertume ou la douceur ne sont pas exactement corrélés à la teneur en composés cyanogénétiques.

L'acide cyanhydrique (HCN) est un composé volatil. Il s'évapore rapidement dans l'air à des températures supérieures à 28°C et se dissout facilement dans l'eau. Cet acide peut ainsi s'échapper facilement au cours des traitements technologiques (Bell *et al.*, 2000). La concentration des glucosides cyanogénétiques augmente du centre vers la périphérie du

tubercule (Bruijn, 1973). Généralement, la teneur en cyanure est beaucoup plus élevée dans la peau (écorce) du manioc. Une méthode de transformation efficace libérera la linamarase en désintégrant la microstructure de la racine de manioc. En amenant cette enzyme en contact avec la linamarine, le glucoside est transformé en acide hydrocyanique.

Les techniques de transformation par séchage au soleil ne réduisent que de 60% à 70% la teneur totale en cyanure durant les deux premiers mois de conservation. Les résidus de cyanure peuvent être très importants dans les tubercules secs, de 30 à 100 mg/kg. La simple cuisson à l'eau de morceaux de racine fraîche n'est pas toujours une garantie de non-toxicité car le cyanure ne pourrait être que partiellement libéré, et une fraction seulement de la linamarine passerait dans l'eau de cuisson. COOKE en 1979 montre que les basses températures (45 à 60°C) provoquent la forte élimination de l'HCN, tandis qu'un séchage rapide entre 80 et 100°C entraîne seulement l'élimination de 10 à 15 %. Selon le même auteur, le système enzymatique est dénaturé par les températures élevées.

I.2. Production du manioc

I.2.1. Production mondiale

Presque 70 pour cent de production mondiale de manioc sont concentrés dans cinq pays, à savoir le Nigéria, le Brésil, la Thaïlande, l'Indonésie et la République démocratique du Congo. Et même si on note une recrudescence de la production en Europe depuis plus de vingt ans (Newke *et al*, 2002), Cette production avoisine aujourd'hui 230 millions de tonnes, et l'Afrique à elle seule représente environ 57% de cette production (FAO, 2012). Les autres régions les plus productrices sont l'Amérique du Sud et l'Asie du Sud-Est. Mais à la différence de l'Afrique, la production de ces dernières régions est beaucoup plus orientée vers l'exportation (FAD, 2000).

I.2.2. La production de manioc au Cameroun : Le niveau de production

Comme pour plusieurs pays de la sous-région, le manioc est la principale culture vivrière du Cameroun (FAOSTAT). Il y est consommé sous diverses formes, aussi bien cru que transformé (gari, fufu, bâtons de manioc, etc.). Cultivé dans quatre des cinq zones agro écologiques sur 270 787 hectares en 2010 (AGRISTAT N°17) le manioc est l'une des plus importantes cultures vivrières devant le maïs (1 670 321 t), le riz (153 078 t) et le sorgho (1

187 531 t) pour ce qui est des céréales, le macabo (1 632 004 t), la patate douce (288 970 t) et l'igname (499 564 t) pour ce qui est des racines et tubercules (AGRISTAT N°17). Il constitue 80% des tubercules de la zone forestière, et chaque ménage en consomme environ 75 kg par an. Transformé en 42 produits différents – farines, aliments du bétail, whisky traditionnel –, le manioc est consommé tous les jours par environ 80% de camerounais (CEMAC, 2008), à l'état bouilli ou transformé en bâtons de manioc cuits, couscous, farine, miondo, mitoumba et l'industrie pour l'amidon et d'autres produits (DONATA, 2013). Les multiples possibilités de transformation du manioc en produits plus élaborés permettent une plus-value au produit frais, diversifient les produits consommés et limitent les pertes liées au problème de la conservation du produit frais. (TARRIERE, 1996).

En 2008, la production nationale du manioc était de 2,4 millions de tonnes (données CEMAC, 2008) et en 2010 cette production est passée à 3.8 millions de tonnes (AGRISTAT N°17). La production est quasiment assurée par de petites exploitations.

I.3. Les techniques et les produits dérivés du manioc au Cameroun

Les préparations du manioc sont nombreuses et variées. Les plus complexes ont pour but de supprimer son amertume et sa toxicité par l'élimination de la manihotoxine. Elles mettent en œuvre l'épluchage et le rejet de l'écorce riche en glucosides, l'immersion prolongée dans l'eau pour dissoudre les substances toxiques, le broyage ou le pulpage pour favoriser leur contact avec les enzymes hydrolysantes, l'exposition à l'air, la dessiccation ou la cuisson pour chasser l'acide cyanhydrique volatil. Mais elles visent également à rendre agréable la consommation du manioc, permettre son stockage et sa commercialisation, améliorer sa digestibilité (FAVIER, 1977).

Le manioc doux est quelquefois consommé cru, après simple épluchage, comme une friandise. Plus souvent il est pelé, découpé en gros morceaux et mis à cuire dans l'eau bouillante. On peut alors le consommer immédiatement sous forme de manioc bouilli.

Trois modes de transformation sont courants au Cameroun :

- **la transformation semi-industrielle** à partir des petites unités de transformation appartenant soit à des individus ou à des groupes organisés. Ces unités sont toutes localisées dans les régions de grande production de manioc et à proximité des villes ;

-
- **la transformation artisanale**, se fait quant à elle par les femmes dans tous les bassins de production, à partir des équipements rudimentaires, et,
 - **la transformation familiale** sans but lucratif, qui est le fait des femmes dans les ménages-producteurs et les produits qui en sont issus sont entièrement destinés à la consommation familiale. (CEMAC, 2008)

Cette même étude de la CEMAC en 2008 relève que les contraintes récurrentes de la transformation du manioc au Cameroun tiennent essentiellement de :

- (i) la faiblesse et l'irrégularité des approvisionnements en racines de manioc et en matériaux d'emballage;
- (ii) la pénibilité au travail en particulier chez les petites transformatrices pour lesquelles les opérations d'épluchage, de lavage, de pressage, de conditionnement et de cuisson se font manuellement ;
- (iii) la disponibilité et l'inadéquation des équipements de transformation ;
- (iv) la maintenance des équipements qui se pose avec acuité en milieu rural, aussi bien pour les équipements fabriqués localement que pour ceux qui sont importés ;
- (v) le faible niveau de technicité des transformatrices ;
- (vi) les conditions d'hygiène et de salubrité précaires des structures de transformation ;
- (vii) le faible niveau de qualité des produits finis, et enfin
- (viii) la difficulté de traitements des déchets et effluents, etc. (CEMAC, 2008).

Ce sont surtout les paysans qui transforment le manioc qu'ils produisent. La technologie de traitement, pour la plus grande part traditionnelle, peut varier d'un village à l'autre au Cameroun. En effet, comme le montrent les travaux d'Essono et al. (2008), dans certaines régions (en occurrence les villages de Yaoundé et Mbalmayo) les paysans utilisent par exemple des ferments pour la fermentation du manioc, tandis que dans d'autres (en occurrence Ebolowa) très peu utilisent. De même, il montre que la motivation des paysans à produire et donc à s'ouvrir aux nouvelles technologies de traitement du manioc dépend fortement de l'accessibilité des marchés pour écoulement de ces produits (contraintes de transport). Par conséquent, la nature et la qualité du produit fini varient également entre les régions selon la variabilité des traitements technologiques. Parmi tous ces produits, figure la farine de manioc de haute qualité (HQCF ou FMHQ).

I.4. La Farine de Manioc de Haute Qualité (FMHQ)

C'est une farine raffinée produite à partir de tubercules de manioc récemment récoltés et rapidement traités. La FMHQ est une farine non fermentée, lisse, inodore, de couleur blanche ou crème, insipide et sans gluten (CORAF, 2010). La production commerciale de la FMHQ est relativement nouvelle en Afrique. En raison de l'augmentation des prix du blé sur le marché international et les taux de change non favorables en Afrique de l'Ouest, la FMHQ a été introduite et gagne progressivement du terrain dans la sous-région.

La FMHQ a contribué considérablement à la révolution industrielle du manioc, principalement au Nigeria et au Ghana (Sanni et al, 2009), avec d'énormes potentialités dans les autres pays de la sous-région. Le produit a été jugé adéquat pour faire plusieurs variétés de pâtisseries, sous leurs formes complètes ou composées (gâteaux, biscuits, beignets et pains) et pour les plats de résistance. Elle est aussi une matière première acceptable dans la fabrication d'échantillons industriels tels que les tissus, les contreplaqués, le papier, etc. (Dziedzoave et al, 2006). La transformation des tubercules de manioc en FMHQ en tant qu'industrie primaire de matière première; représente un potentiel pour amorcer l'industrialisation rurale, augmenter la valeur marchande du manioc et améliorer les revenus des cultivateurs et leurs conditions de vie. La figure ci-dessous illustre le procédé de fabrication de FMHQ tel que proposé par l'IITA (2005).

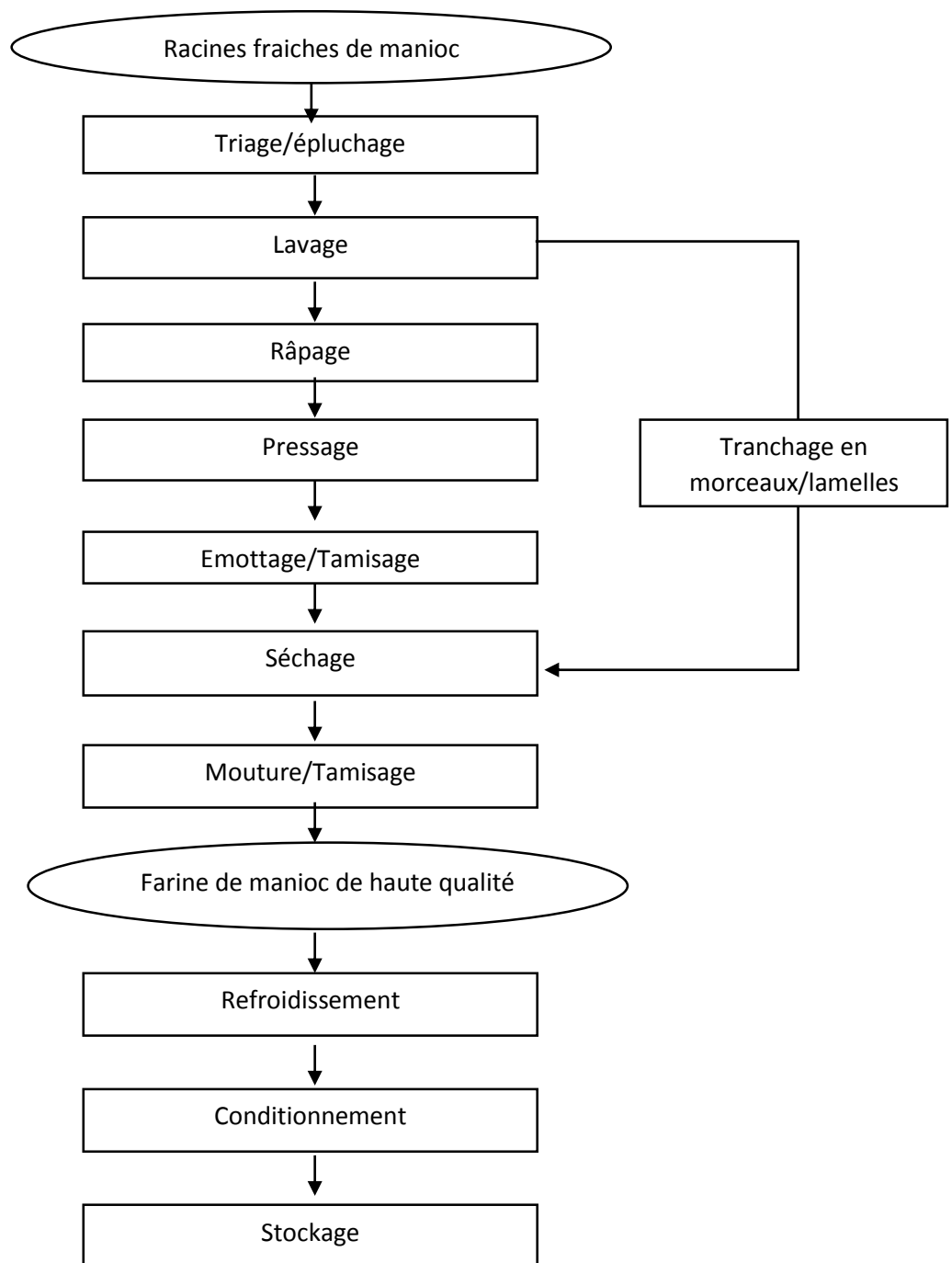


Figure 2: Diagramme de production de Farine de Manioc de Haute Qualité à partir de racines fraîches de manioc.

Source : IITA, 2005

I.4.1. Quelques critères de qualité de la Farine de Manioc Haute Qualité selon la East African Community (EAC)

1. Matière première

La FMHQ doit être produite à partir des racines fraîches de manioc sélectionnées ou à partir des produits d'intermédiaire de haute qualité comme des cossettes et des granulations.

2. Conditions de qualité générales pour la farine de manioc de haute qualité

La farine de manioc de haute qualité sera :

- a) pratiquement exempt de la matière étrangère ;
- b) exempt outre des saveurs et des odeurs ;
- c) pratiquement exempt de tous insectes vivants et corps étrangers ;
- d) sûr et approprié à la consommation humaine ;et
- e) de couleur caractéristique de la variété.

3. Propriétés physiques

La farine de manioc de haute qualité doit avoir les propriétés **physiques** suivantes :

- a) au moins 95 % de la masse de la farine de manioc de haute qualité passeront au travers d'un tamis dont les mailles mesurent chacune de 250 μ m; et
- b) La matière étrangère ne sera pas plus de 10 *grains/100cm²*

4. Propriétés chimiques

La farine de manioc de haute qualité :

- a) donnent une coloration bleu-*noire* une au test à l'iode ;et
- b) ont une température d'empattage inférieure à 75°C.

Tableau 2: Quelques paramètres de qualité requis

Paramètre	Limites admises
Acidité totale % de masse, maximum	0.25
Cendres totales (% de matière sèche)	0.35
Cyanures totaux (mg/kg)	10
Amidon (% de matière sèche)	60
Teneur en eau (%)	12

Source: East African Community (2012) - High quality cassava flour — Specification

I.4.2. Usages de la FMHQ

Comme mentionné plus haut, il existe diverses utilisations de la FMHQ :

- Dans l'industrie alimentaire, la FMHQ est utile dans le fast food ou dans l'industrie de consommation courante pour plusieurs types de pâtisseries à une échelle de substitution de 100% pour le blé, ou comme une composante de la farine de blé, particulièrement dans la fabrication de pain. Elle est tout à fait acceptable comme matière première dans l'industrie alimentaire et dans l'industrie des boissons pour la production de boissons alcooliques, de biscuit, de pâtes alimentaires, de nourritures pour enfants, etc. et comme ingrédients doit être également utilisée si l'on veut obtenir des produits acceptables (CORAF/USAID/SONGHAI, 2010).
- Dans l'industrie chimique, la FPMHQ peut également être utilisé pour la production de sirop de glucose, d'alcool et d'adhésif.

I.5. La panification

La panification désigne l'ensemble des opérations qui permettent d'obtenir du pain à partir de divers ingrédients dont la farine, le sel, de l'eau et de la levure boulangère ou des levains.

La matière première de base demeure néanmoins la farine, et les farines utilisées en panification sont caractérisées par leur caractère dit panifiable. Ce caractère est en général lié à leur richesse en gluten. Les farines qui en sont riches sont principalement celles de blé et de seigle. La farine de blé est la plus utilisée.

I.5.1. Constituants biochimiques de la farine de blé et leurs rôles en panification

1. Les cendres

Le taux d'extraction ou la pureté des farines est apprécié indirectement par le taux de cendres. Depuis 1963 les farines commercialisées doivent correspondre à des types légaux basés sur une limite, ou un écart de limites de taux de cendres (COLAS 1998).

La réglementation en vigueur spécifie que le pain français courant doit être fabriqué à partir de farines panifiables. Le type le plus couramment utilisé est le type 55, elle prend en compte les difficultés qu'il y a à panifier des farines trop chargées en éléments de la périphérie des grains, au fur et à mesure des processus de panification, les pâtes obtenues avec des farines à taux de cendre élevé sont grasses, collantes et présentent des défauts de maniabilité ou de machinabilité (Grandvoinet, Pratz 1994).

2. Les protéines

Les protéines forment 8 à 18 % de la matière sèche du blé : elles sont inégalement réparties entre les différentes couches histologiques du grain, la teneur en protéines de l'albumen amylicé (les futures farines) étant inférieure d'environ 1% à celle du grain. Cette teneur dépend des conditions agro climatiques de développement de la plante, notamment l'alimentation en eau, la fertilisation azotée et des variétés cultivées. C'est à leurs propriétés fonctionnelles très particulières que la farine doit son aptitude à la panification (Feillet 2000).

La teneur en protéines des farines de blé destinées à la fabrication de produits de cuisson à base de céréales varie de 7.0 à 15.0 % environ. Elle est fonction de la teneur en protéines des blés mis en mouture, de la répartition de celles-ci dans le grain et du taux d'extraction de la farine par rapport au grain (GODON 1985).

a) Solubilité et classification

Traditionnellement, les protéines sont classées par leurs caractéristiques de solubilité.

En 1907, Osborne propose une classification des protéines du blé en quatre types, les albumines, les globulines, les prolamines et les gluténines.

i) les albumines : (solubles dans l'eau)

De forme globulaire, les albumines du blé représentent environ 5 à 10 % des protéines totales. Elles sont concentrées surtout dans la périphérie du grain et dans le germe.

ii) les globulines : (solubles dans les solutions salines diluées)

De forme globulaire dans le blé, elles représentent 5 à 10 % des protéines totales et se concentrent comme les albumines dans les parties périphériques de la graine.

iii) Les prolamines ou gliadines : (solubles dans les solutions alcooliques)

Dans le blé, elles représentent 40 à 50 % des protéines totales et se concentrent surtout dans l'albumen ou albumen du grain. On les retrouve dans le gluten et elles apportent à ce produit ses caractéristiques visqueuses (fluidité, extensibilité).

Des études effectuées par reconstitution de farines avec une teneur plus ou moins grande en fraction gliadine indiquent nettement que les gliadines sont responsables de la composante visqueuse (extensibilité) du comportement viscoélastique du gluten (POMERANZ 1980).

iv) Les glutélines ou gluténines : (solubles dans les solutions d'acides ou d'alcalis)

Avec 30 à 40 % des protéines totales, elles assurent au gluten ses caractéristiques élastiques, sa cohésion et sa résistance aux déformations. Leur poids moléculaire peut varier de 100 000 à 3 millions. Comme les gliadines, on les trouve principalement dans l'albumen du grain (DARDE, 2001 ; ROUSSEL, CHIRON 2003). Elles constituent une famille hétérogène de polymères résultant de la polymérisation de sous-unités gluténines de hauts (SG-HPM) et de faibles (SG-FPM) poids moléculaires et forment des agrégats très complexes. L'aptitude des sous-unités gluténines à s'associer par des liaisons disulfures (S-S) est l'un des principaux facteurs du caractère panifiable du blé (DARDE 2001).

b) Le gluten

Décrit pour la première fois en 1745 par Jacopo Beccari, le gluten est un matériel viscoélastique obtenu par lixiviation (lavage par l'eau) d'une pâte de blé. Principalement constitué de protéines (75 à 85 % ms selon les conditions de fabrication), il contient également de l'amidon (8 à 10 % ms), des sucres réducteurs (1 à 2 % ms), des lipides (5 à 10 % ms) dont les 2/3 environ sont des lipides polaires, des pentosanes (2 % ms) et des matières minérales (1 % ms) (Dacosta, 1986).

Les propriétés du gluten deviennent évidentes quand la farine est hydratée, donnant une pâte extensible, avec de bonnes propriétés de rétention de gaz (GALLAGHER et coll. 2004). On peut remarquer que la ténacité (résistance à l'extensibilité) du gluten peut s'expliquer par la présence de nombreuses liaisons covalentes de type disulfure, mais que celles-ci ne permettent pas de rendre compte de son élasticité (retour à l'état initial après déformation). Ce caractère élastique a été récemment attribué à la capacité des domaines répétitifs des SG-HPM de former des liaisons hydrogène (Feillet 2000).

3. Les glucides

En plus des protéines, les farines de blé contiennent divers types de glucides. De l'amidon (78-82 %), des pentosanes 2-3 %), des sucres réducteurs et non réducteurs (2 %), de la cellulose (0.5 %) (Feillet, 2000).

L'amidon n'est pas utilisé en l'état par la levure, mais après transformation enzymatique. Une partie des pentosanes forme avec l'eau des gels qui ont un rôle dans le comportement de la pâte. Le faible taux de cellulose de la farine utilisée en panification française limite son rôle. Ce sont les amidons et les pentosanes qui ont le plus d'importance en panification française (Gandvoinet et Pratx 1994).

a) Rôle de l'amidon en panification

L'amidon intervient de différentes manières au cours de la fabrication du pain :

- C'est une source inépuisable de sucres fermentescibles assurant la multiplication et la croissance des levures ;
- C'est également un fixateur d'eau. On admet que l'amidon absorbe environ 45 % de l'eau ajoutée à la farine ;
- C'est enfin une charge de remplissage assurant une fonction de dilution du gluten.

Par son pouvoir fixateur d'eau, variable selon le degré d'endommagement des granules, et sa capacité à former des liaisons non-covalentes (liaisons hydrogène) avec les protéines, l'amidon contribue de manière active à la formation de la pâte

4. Les lipides et leur importance

On estime que 20 à 30 % des lipides de la farine, selon le mode de mouture, sont issus du germe et de la couche à aleurone, les 70-80 % résiduels provenant de l'albumen. Les triglycérides (lipides non polaires) représentent la majeure part des lipides liés ; les glycolipides et les phospholipides (lipides polaires) constituent l'essentiel des lipides libres. Dès que la farine est hydratée, les lipides libres forment des complexes avec les protéines de la farine, puis ce phénomène s'accroît au cours du pétrissage jusqu'à ce que les 2/3 des lipides libres deviennent insolubles dans les solvants polaires (Feillet 2000).

Ces modifications s'expliquent en partie par le développement d'interactions complexes entre les lipides et les protéines.

Au cours du pétrissage, les liaisons hydrophiles existant entre l'amidon et les lipides polaires sont rompues, tandis que ces derniers s'associent aux protéines.

➤ Rôle des lipides en panification

Bien que leur teneur dans la farine ne dépasse pas 2 à 3 %, les lipides jouent un rôle important en panification, du moins ceux qui ne sont pas liés à l'amidon, au cours du pétrissage :

- l'oxydation des acides gras polyinsaturés, catalysée par la lipoxigénase, provoque un réarrangement des liaisons disulfures au sein du réseau protéique.
- des interactions entre les lipides et les protéines à l'interface de l'eau et de l'air (Feillet, 2000).

Le premier des phénomènes agit sur les propriétés rhéologiques de la pâte, les qualités plastiques du gluten sont renforcées et la pâte montre une tolérance plus grande aux différentes phases de la panification, en même temps les pigments caroténoïdes de la farine sont oxydés entraînant la décoloration de la pâte.

Le second sur la formation et la stabilité des alvéoles de gaz dans la pâte, les lipides polaires (glycolipides et phospholipides) stabilisent les alvéoles gazeuses de la pâte et améliorent le volume du pain, alors que les lipides non polaires (triglycérides) exercent un effet négatif (Gandvoinet et Pratx 1994).

Les lipides libres agissent principalement sur la viscosité des pâtes et sur leur temps de relaxation ; ils affectent peu l'élasticité. Très bons agents moussants, les glycolipides et les phospholipides très polaires contribueraient à l'accroissement du volume du pain. Les composés de polarité intermédiaire (acides gras libres, monoglycérides, monogalactosyldiglycérides) auraient, à l'inverse, un pouvoir anti-moussant (Feillet, 2000).

I.6. La problématique de la qualité des produits du manioc pour les marchés : cas de PALOGS

De ce qui précède, il ressort que la production et la transformation du manioc sont principalement associées aux milieux pauvres. De plus il ressort que la culture de cette plante est peu exigeante d'un point de vue agronomique et économique. Couplé à cela, la qualité de l'amidon de manioc et donc de sa farine en font une plante à haut potentiel de valorisation dans divers domaines allant de l'industrie alimentaire à l'industrie textile en passant par l'industrie pharmaceutique. Ceci reflète tout l'en jeu économique de la filière manioc pour les pays dits en voie de développement. Toutefois, le GIC PALOGS, tout comme les autres organisations ou regroupements paysans (principaux acteurs de la filière manioc), est soumis à un certain nombre de contraintes qui limitent leur compétitivité sur les marchés. Il sera donc question dans cette étude, de faire un diagnostic des pratiques techniques de PALOGS, de la rentabilité et de la qualité de sa farine, puis de faire un essai de valorisation de ces farines en panification couplée à l'évaluation de la qualité des produits obtenus. Enfin, il sera question de proposer un modèle économique convenable et viable, par rapport au niveau d'activité et à la capacité de production de l'usine de PALOGS.

CHAPITRE II :

*Diagnostic des pratiques
techniques, de la rentabilité et
de la qualité des produits
PALOGS*

Introduction

PALOGS (Pepper/Plantains/Pineapple, Apiculture/Avocados, Limes/Lemons, Oranges, Grape fruits/Guava/Gari, Snails) est un Groupement d'Initiative Commune (GIC) fondée en 2001 et enregistrée en 2003 au bureau. Son siège social est à Ekondo titi, petite ville agricole de la région du Sud-Ouest, dans le département du Dian et située à environ 15Km de la ville de Kumba. A l'origine l'entreprise produisait du piment qu'elle transformait ensuite en poudre de piment, plus facile à conserver et destinée à la consommation par les ménages ainsi que par certaines entreprises agroalimentaires. Elle emploie principalement des femmes de la localité, plus intéressées par l'activité. Face à la pénibilité du processus de transformation, notamment la nuisance liée à la poussière de piment dégagée lors de la mouture du piment sec, un nouveau produit a été pensé : le « piment en cube ». Toutefois un nouveau problème se posait : un tel produit nécessite une matrice pour maintenir la structure cubique, très souvent de l'amidon. Dans un souci de réduire ses coûts et en même temps de promouvoir et valoriser les produits « made in Cameroon », le promoteur pensa à produire son propre amidon, d'où l'intérêt pour le manioc. Au fil des années, l'intérêt pour le manioc et ses produits dérivés prit le dessus sur les autres produits, et PALOGS aujourd'hui est focalisée sur la production de produits à base de manioc, principalement le gari, le fufu, et plus récemment la farine de manioc de haute qualité (FMHQ). PALOGS voudrait dans un futur proche être un des leaders régional de la transformation de manioc, principalement en FMHQ. Toutefois, elle fait face à un certain nombre de contraintes suscitant le découragement, d'où l'arrêt de la production de farine de manioc constatée à notre arrivée sur le site. Il sera donc question dans ce chapitre d'une part d'identifier les pratiques de production de FMHQ à PALOGS et de recenser et hiérarchiser les contraintes associées afin de ressortir les plus critiques, et d'autre part d'évaluer à la fois les rendements de production et la rentabilité de l'activité. En d'autres termes, il s'agit ici de faire un état des lieux du système de production, c'est-à-dire sur : la matière première, la pratique technique (processus de transformation, opérateurs, les équipements), la qualité du produit par rapport aux contraintes, et enfin le résultat brut d'exploitation.

I. Outils et méthodes

I.1) Outils

i) Brainstorming

Le brainstorming couplée à l'observation des pratiques, s'est avéré être la méthode adéquate pour l'identification des contraintes et difficultés rencontrées par PALOGS dans son activité. Un brainstorming ou remue méninge est une concertation regroupant plusieurs personnes de spécialités différentes, chacun émettant ses idées par rapport à un problème posé. Le but est de recueillir le maximum d'idée (des contraintes et difficultés rencontrées dans notre cas).

Le personnel concerné par le brainstorming était constitué:

- Du Gestionnaire de la structure (sociologue et manager agricole de formation)
- De la Responsable de la production
- De deux opérateurs

ii) Diagramme d'Ishikawa

Nous nous sommes servis de cet outil pour classer les contraintes et les causes de l'arrêt de la production de FMHQ. En effet, le diagramme d'Ishikawa ou diagramme de causes à effet, est un outil qui permet de classer en grandes familles les causes liées à un problème. Il permet ainsi de visualiser le rapport existant entre un problème et toutes les causes possibles. Pour la classification, nous nous sommes servis des 5M (Matières, Milieu, Méthodes, Matériels et Main d'œuvre).

iii) Compte de résultat différentiel

Le tableau du compte de résultat nous a permis d'évaluer la rentabilité de l'activité. Dans ce tableau, figurent les charges variables et les charges fixes, ainsi que le chiffre d'affaire de l'activité de production. En plus du résultat, ce tableau fournit la marge sur coûts variables (M/CV) qui permet de déterminer le seuil de rentabilité (SR).

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

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

iv) Calculs des rendements du procédé

Les rendements sont évalués au niveau des opérations unitaires qui implique soit une entrée, soit une perte de matière.

$$. Rendement = \frac{Masse\ d'entrée}{Masse\ sortie} \times 100$$

Puis le rendement global du procédé est calculé comme suit :

$$Rendement\ global = \frac{Masse\ de\ produit\ fini}{Masse\ de\ matière\ première} \times 100$$

I.3) Méthodologie

Pour réaliser cette partie, nous suivons la méthodologie suivante :

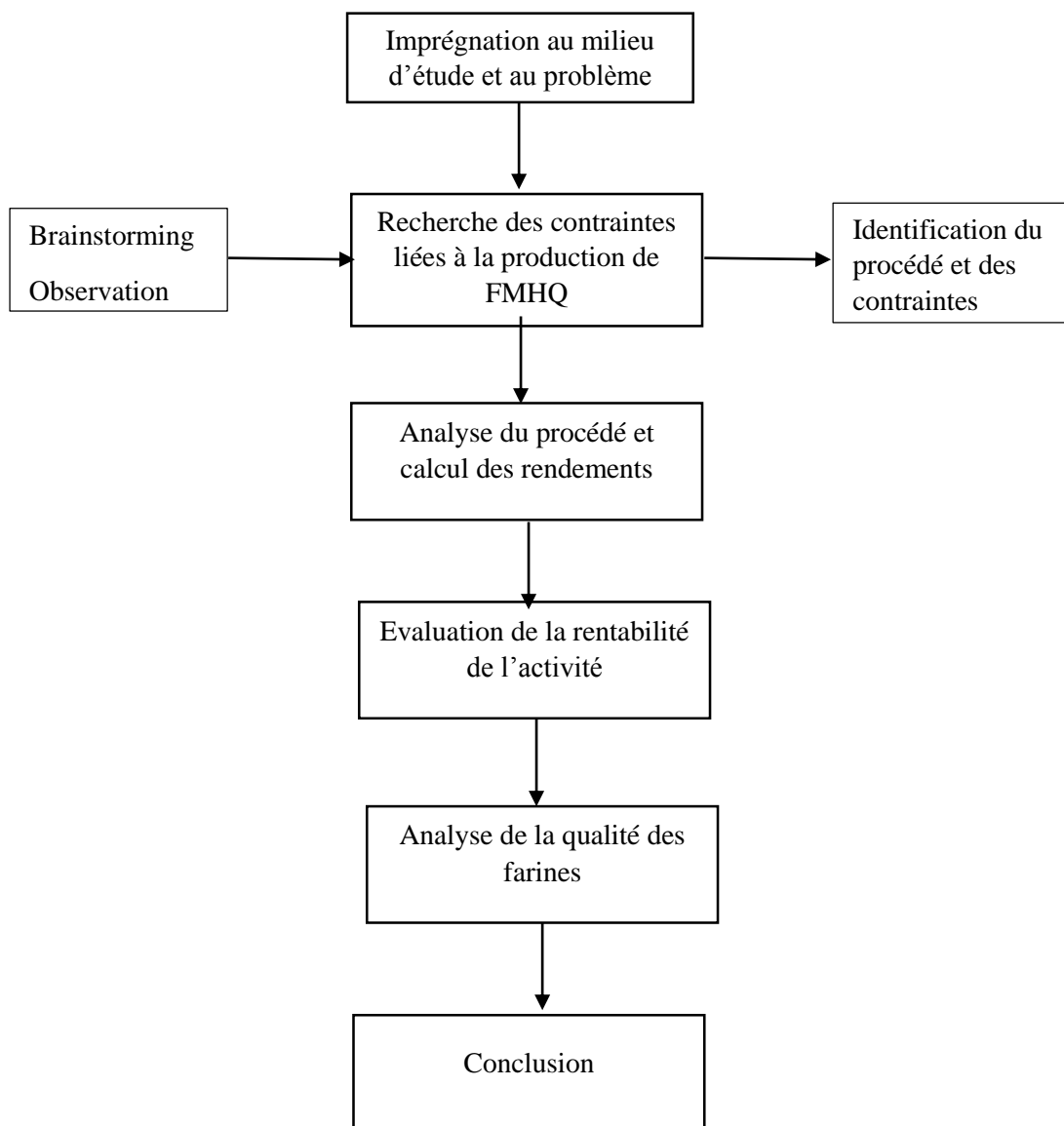


Figure 2 : Diagramme synoptique du travail

1.2.1. Imprégnation du milieu et recherche des contraintes

Il s'agit dans cette phase de découvrir l'entreprise, de savoir comment elle produit la FMHQ, quel est son marché, quelles sont ses motivations, et les contraintes auxquelles elle fait face. Cette étape est cruciale, car elle permet de recenser les problèmes auxquels est confrontée l'entreprise, et fourni ainsi une base solide pour apporter des améliorations au système de production.

1.2.2. Analyse du procédé et calcul des rendements

Ici, il est question ici, après avoir dressé le diagramme de production PALOGS de FMHQ, de s'intéresser distinctement à chacune des opérations unitaires. Chacune de celles-ci est analysée du point de vue de la nature de(s) in(s)trant(s) et de(s) extrant(s), le rendement (si possible) les équipements utilisés, la durée de l'opération par unité de quantité transformée, et les contraintes associées.

1.2.3. Evaluation de la rentabilité de l'activité

Une évaluation de la rentabilité pour une organisation est nécessaire afin de s'assurer non seulement que l'activité en question apporte du bénéfice, mais aussi de savoir quel est la valeur de ce bénéfice par rapport au niveau de production. L'évaluation de la rentabilité a été effectuée par l'établissement d'un compte de résultat différentiel.

1.2.4. Evaluation de la qualité de la FMHQ

Quelques paramètres physicochimiques de nos farines ont été déterminés, et comparés aux limites fixées par le référentiel DEAS-779-2012 sur la farine de manioc de haute qualité.

➤ **Matériel végétal**

Deux variétés de manioc ont été traitées durant ce travail :

- **Variété 8034** : Il s'agit d'une variété améliorée distribuée par l'IRAD. C'est un manioc amer à maturité, et son cycle de production s'étend sur 9 à 12 mois. Pour notre matériel, il a été récolté après 10 mois. L'achat s'est fait au champ avant la récolte afin de s'assurer de la variété.
- **Variété locale**: Ici il s'agit d'un manioc dont la traçabilité variétale n'est pas maîtrisée. Il pourrait s'agir d'un mélange de plusieurs variétés locales. C'est un manioc blanc récolté dans l'un des champs de PALOGS après 12 mois de culture.
- **Farines de manioc de haute qualité** : Cinq (5) productions de FMHQ ont été effectuées durant cette étude, à l'aide des variétés décrites ci-dessus. Le tableau 3 ci-

dessous présentes quelques informations sur le procédé d'obtention de chaque échantillon de FMHQ.

Tableau 3: Descriptif des échantillons de farines

Echantillons	Variétés	Traitement au jus de citron	Intermédiaire de transformation	Type de séchage
Far1	8034	Oui	Cossettes	Solaire
Far2	Locale	Non	Cossettes	Solaire
Far3	Locale	Non	Semoule	Solaire
Far4	8034	Non	Cossettes	Amélioré
Far5	8034	Non	Semoule	Amélioré

i) Test granulométrique

La granulométrie des farines a été évaluée selon les recommandations du référentiel DEAS 779:2012 selon la méthode AOAC (2000).

- **Principe**

Il repose sur le tamisage d'un échantillon de farine de masse connue sur un tamis normalisé. Les grains de farine et autres particules de diamètres inférieurs à 250µm traversent les mailles du tamis et sont recueillis dans un récipient et pesés. Seuls sont retenus les grains de tailles supérieures à 250µm.

- **Mode opératoire**

Le réceptacle est pesé au préalable. Puis, une masse M_0 de farine est déposée sur le tamis à ouverture de mailles 250µm empilé au réceptacle de masse M_1 . L'ensemble est monté sur le tamiseur électrique qui est ensuite actionné pendant 5 minutes.

Ensuite la masse M_2 du réceptacle + échantillon est pesée. Chaque échantillon est évalué 3 fois.

- **Expression des résultats**

Le pourcentage de farine ayant traversée les mailles du tamis (%F) est donné par :

$$\%F = \frac{M_2 - M_1}{M_0} \times 100$$

Pour être conforme au référentiel, au moins 95% des grains de chaque farine doit passer à travers le tamis d'ouverture de mailles 250 μ m.

ii) Détermination de la température d'empesage

Les propriétés d'empesage ont été déterminées sur des suspensions d'environ 3 g dans 25 ml d'eau distillée en utilisant un RVA (instruments, Australie de *Perten*) avec les paramètres suivants: une température initiale de 50°C qui a été maintenue pendant 1 minute, puis chauffage à une vitesse de 12.16C/min à une température de 95°C. La température a été alors maintenue pendant 2 minutes 30 secondes puis refroidie à 50°C toujours à 12.16C/min et maintenue pendant 2 minutes. Tout le temps d'essai était de 13 minutes et la vitesse du moteur était 160 trs/min. Un résumé des paramètres de traitement est donné dans le Tableau 4. Les propriétés de la pâte ont été mesurées avec le temps. Les paramètres d'empesage déterminés ont inclus la viscosité finale (Vf), le recul (SB) et la panne (BD), la viscosité maximale (PV) et la température d'empesage. À partir de ces paramètres un autre paramètre a été calculé : Le rapport de désintégration (DR) qui est le rapport de BD et de PV. Le tableau 4 ci-dessous résume les paramètres de programmation du RVA.

Tableau 4: Profil STD1 du RVA utilisé pour les propriétés rhéologiques des pâtes

Stage	
Temperature initiale, (°C)	50
Durée de maintien initial, (min)	1
Durée du chauffage (min)	3,7
Temperature maximal (°C)	95
Hold at max temp (min)	2,5
Durée de refroidissement (min)	3,8
Temperature finale (°C)	50
Durée de maintien final (min)	2
Durée totale du test (min)	13

Source: Perten Instruments

iii) Teneur en eau et en matière sèche

La détermination de la matière sèche et de la teneur en eau a été effectuée par la méthode AOAC (1990).

- **Principe**

Le principe de cette méthode est basé sur la déshydratation du produit à 105°C jusqu'à poids constant.

- **Mode opératoire**

5 g de chaque de farine ont été mesuré à l'aide d'une balance analytique dans une nacelle de masse à vide M_0 . L'ensemble (nacelle + échantillon) de masse M_1 a été ensuite placé à l'étuve à 105°C et laissé séché jusqu'à obtention d'un poids constant. Après refroidissement dans un dessiccateur, l'ensemble (nacelle + produit séché) a été à nouveau pesé (M_2). La teneur en eau (Te) représente la différence de masse avant et après séchage à l'étuve. La procédure est ainsi répétée trois fois pour un meilleur résultat.

- **Expression des résultats**

$$Te = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

Avec M_0 : la masse en gramme de la coupelle vide;

M_1 : masse en gramme de la coupelle contenant la prise d'essai avant étuvage;

M_2 : masse en gramme de la capsule contenant la prise d'essai après étuvage.

Le résidu sec total ou matière sèche (MS) est exprimé en pourcentage de matière fraîche selon la formule :

$$MS = 100 - Te$$

Pour être conforme à notre référentiel, les farines doivent avoir une teneur en eau maximale de 12%.

iv) Dosage de l'amidon total

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

- **Principe**

L'iode (I_2) réagit avec de l'amylose et l'amylopectine pour produire des colorations bleues et brunes respectivement. Les spectres d'absorption des complexes de l'iode-*amylose* et de l'iode-*amylopectine* sont différents. Pour cette raison, ces complexes ont différentes longueurs d'onde maximales d'absorption. Cependant on le considère que l'absorbance maximale à 580nm est due à l'amylose et à l'amylopectine. Ceci peut être exploité pour mesurer tout l'amidon des matériaux biologiques.

- **Mode opératoire**

Préparation de courbe d'étalonnage

0.5g de d'amidon a été dispersé en 20 ml d'eau distillée. 80 ml d'eau distillée bouillante ont été ajoutés et le mélange a été secoué légèrement et mis à bouillir pendant 5 minutes au bain marie pour obtenir une solution trouble d'amidon. Le mélange a été refroidi et complété à un volume de 100 ml avec de l'eau distillée. Ceci a constitué une solution courante d'amidon à 5mg/ml. La courbe d'étalonnage a été établie comme suit dedans (des mesures ont été faites en triple) :

Préparation d'échantillon

0.1g d'échantillon de farine de manioc a été pesé et 5 ml de KOH 1N y a été ajoutés. Le mélange a été homogénéisé à la température ambiante puis neutralisé avec 5 ml de HCl 1N. La neutralité de la solution a été confirmée en utilisant un pH-mètre. Le mélange a été bouilli dans un bain d'eau pendant 15 minutes et le volume ajusté sur 10 ml. Le mélange a été ensuite centrifugé à 3500 trs/mn pendant 20 minutes et le surnageant prélevé a été employé pour mesurer l'amidon.

- **Expression des résultats**

La concentration en amidon total de nos échantillons a été calculée comme suit:

$$DO = m(X) + C$$

Où X = concentration d'amidon dans l'échantillon,

m = pente de la courbe d'étalonnage et

C l'ordonnée à l'origine.

$$X = \frac{DO - C}{m}$$

$$\% \text{ amidon} = \frac{X \times V_T \times 100}{10^3 \times V_p \times M_{ech} \times MS} \times 100$$

Où V_T = volume total du tube (5 ml), V_P = volume de la prise d'essai (0.05ml), M_{ech} = masse de l'échantillon (0.1 g), MS = teneur en matière sèche de l'échantillon.

La teneur en amidon de la farine doit être d'au minimum 60%.

v) Teneur en cendres totales

La teneur en cendres des farines a été mesurée en utilisant la méthode décrite par AACC (1999).

- **Principe**

La cendre totale est le résidu de la calcination de la matière organique à 550°C. Le principe consiste à brûler un échantillon précédemment sec à 105°C dans un four à moufle à 550°C jusqu'à ce qu'il atteigne un poids constant.

- **Mode opératoire**

5g d'échantillon ont été pesé (M_1) sont 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 moufle à 550°C pendant 6h jusqu'à obtention d'une poudre blanche. Le creuset est ensuite sorti du four 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:

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

Où M_0 est la masse du creuset à vide

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

La teneur en cendre totale doit être d'au maximum 0.35% dans la matière sèche.

vi) Acidité totale

L'acidité totale des produits alimentaires est déterminée par dosage avec de la soude tel que décrit par l'AFNOR (1982).

- **Principe**

L'acidité totale représente la mesure de l'acidité des échantillons, lié aux processus fermentaires ayant eu lieu dans le manioc au cours de la transformation.

- **Mode opératoire**

10g d'échantillon de farine ont été mélangé à 90 ml d'eau distillée dans un bêcher, l'ensemble a été homogénéisé à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 20 minutes, puis centrifugé à 3000g pendant 10 minutes. Ensuite, le surnageant a été prélevé et 2 gouttes de phénolphtaléine y ont été ajoutées. A l'aide d'une burette, a été coulée goutte à goutte une solution de soude 0,1M. La réaction a été arrêtée lorsque la solution vire au fuchsia. Le volume de la soude ayant permis d'obtenir ce virage a été noté. Trois essais ont été réalisés.

- **Expression des résultats**

$$A = (C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}}) / m$$

A = quantité d'acide de la farine en mole

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

V = Volume de la solution de NaOH en ml

m = masse de *la prise d'essai en g*

L'acidité totale de la farine doit être au maximum de 0.25% de la masse sèche de la farine.

- vii) **Teneur en cyanures**

Ce dosage a été fait selon la méthode de Jackson (1967) modifiée.

- **Principe**

Il s'agit d'un dosage spectrophotométrique des cyanures totaux. Le principe de la méthode repose sur la réaction de l'acide cyanhydrique HCN avec le KOH pour donner le KCN qui absorbe avec un pic maximal à 520nm.

- **Mode opératoire**

2g d'échantillon de farine ont été pesé et trempé dans 62.5ml d'eau distillée pendant 4h (ceci pour permettre une hydrolyse des glucosides cyanogénétiques). Ensuite 1.25ml de chloroforme y sont ajouté et l'ensemble est distillé par entrainement à la vapeur, le distillat étant recueilli dans une solution de KOH 2% afin de piéger le HCN. La distillation est stoppée lorsque 10ml de distillat sont recueilli (car le point d'ébullition du HCN étant très bas-soit 26°C- tous les cyanures sont déjà piégés), et au distillat a été ajouté 15ml d'eau distillée. De la solution ainsi obtenue, 5ml sont prélevé et introduite dans un tube à essai, puis 5ml d'eau distillée y sont ajouté. L'ensemble est porté à ébullition au bain marié pendant 5 minutes, puis refroidi et la lecture de l'absorbance est effectuée à 520nm. Chaque échantillon est analysé en 3 essais.

Une gamme étalon est préparée à l'aide d'un standard de KCN à partir d'une solution mère de concentration 5µg/ml, dans 10 tubes, la concentration allant de 0.5 à 5µg/ml par pas de 0.5µg/ml.

○ **Expression des résultats**

La quantité de HCN en mg/kg d'échantillon est calculée ainsi:

$$T = \frac{DO \times 2 \times 25 \times 0.001}{A \times 2 \times 0.001}$$

DO = densité optique de l'échantillon

A = pente de la droite d'étalonnage.

II. Résultats et discussion

II.1.1) Brainstorming et observation

Le brainstorming révèle que le problème majeur dont souffre l'entreprise PALOGS est celui du **découragement**. En effet, l'entreprise est actuellement en arrêt de production faute de marché pour écouler ses produits. La farine de manioc de haute qualité n'est que très peu utilisée au Cameroun, car d'une part elle n'est pas encore autorisée en boulangerie/pâtisserie, et d'autre part les populations sont peu informées par rapport à cette utilisation. Selon les membres du GIC, les principaux clients de la structure sont des boulangers venant du Nigéria. Mais ce marché a été fermé par le gouvernement Nigérian, dont la politique d'importation exige que les produits soient certifiés, or la FMHQ de PALOGS ne l'est pas.

A) Le système de production

L'observation du système de production et des équipements utilisés montre que le niveau de production de FMHQ à PALOGS est de type semi-industriel.

D'autre part, le brainstorming a permis l'obtention des informations suivantes sur le système de production de FMHQ :

a) La matière première (racines fraîches de manioc) : Origine, variété, prix

La matière première (manioc) est achetée chez les agriculteurs de la place. Le prix du kilogramme de manioc frais s'élève à 35 FCFA. Mais il est difficile de l'évaluer actuellement, vu la procédure d'achat. En effet, l'achat se fait au champ, avant même la récolte, par simple estimation de la superficie à récolter. Ceci permet à l'acheteur de s'assurer de la variété et de sa qualité. L'entreprise veut s'assurer que le manioc soit récolter à temps, juste au moment où

elle en a besoin afin d'éviter sa détérioration. Toutefois suite à des intempéries tels que les problèmes d'électricité et de transport, ce même manioc peut finalement n'être utilisé que 24 à 48 heures après récolte, ce qui engendre notamment des pertes par détérioration des tubercules. Ils achètent aussi-bien les variétés douces qu'amères. Nous avons noté cependant que les variétés utilisées ne sont pas maîtrisés.

b) Les équipements

L'usine de production de farine panifiable de haute qualité de PALOGS est de type semi-industriel. En effet, certaines opérations sont effectuées selon des méthodes artisanales, tandis que d'autres utilisent des équipements industriels de petite échelle (séchage, mouture, ensachage).

Les principaux équipements dont dispose cette usine sont :

- Un **grattoir électrique** de fabrication artisanale, servant à râper les racines épluchées, permettant ainsi d'obtenir une semoule après pressage, et destinée au séchage. Moteur 75Kw, 1140trs/min.



Photo 1: grattoir électrique

- 02 **Presses mécaniques** de fabrication artisanale, la force de pression étant assurée par un cric, et une **presse hydraulique** récemment acquise, plus performante et toujours fabriquée localement.



Photo 2: presse mécanique

- Un **séchoir hybride** : son principe de fonctionnement repose sur le phénomène de convection (entrainement) la déshydratation du produit à sécher (cossettes ou semoule) par passage à travers de celui-ci d'un courant d'air chaud. L'air est mis en mouvement dans le séchoir grâce à un ventilateur à moteur électrique de 75W, et chauffée (air) par une plaque métallique en fer au contact de la flamme d'un bruleur à gasoil dont la consommation est en moyenne de 2,5 litres par heure. Sa capacité maximale est estimée à d'environ 350 à 400kg de cossettes fraîches. Son fonctionnement quotidien (en production) est de 10 heures.



Photo 3: séchoir hybride à claies

- Un **moulin-pulvérisateur électrique à marteau** spécialement conçu pour les farines. Utilisé pour désintégrer les cossettes ou les semoules séchées en fines particules. Il est muni d'un cyclone qui assure la séparation des particules. Les particules sont pulvérisées afin d'éviter qu'elles ne s'agglomèrent en mottes. Il est alimenté par un moteur triphasé de 75W, et sa capacité est estimée à 400kg de cossettes ou de semoule écrasée par heure.



Photo 4: Moulin à marteau

- **Machine à sceller électrique** : elle sert à sceller le plastique en polyéthylène contenant la farine. Sa puissance est de 1,250W.



Photo 5: Machine à sceller électrique

- **02 balances** de capacité maximale 50kg chacune, l'une électronique servant à peser le produit fini, et l'autre mécanique pour le pesage des matières premières et intermédiaires de production.



Photo 6: Balances

- **Un tracteur à chariot** d'une capacité de 2 tonnes, pour le transport des racines du champ à l'usine.
- **Une brouette** d'une capacité de 60kg pour le transport de petite quantité de matière, sur des courtes distances.
- **Des couteaux en acier inoxydables**

c) La pratique technique

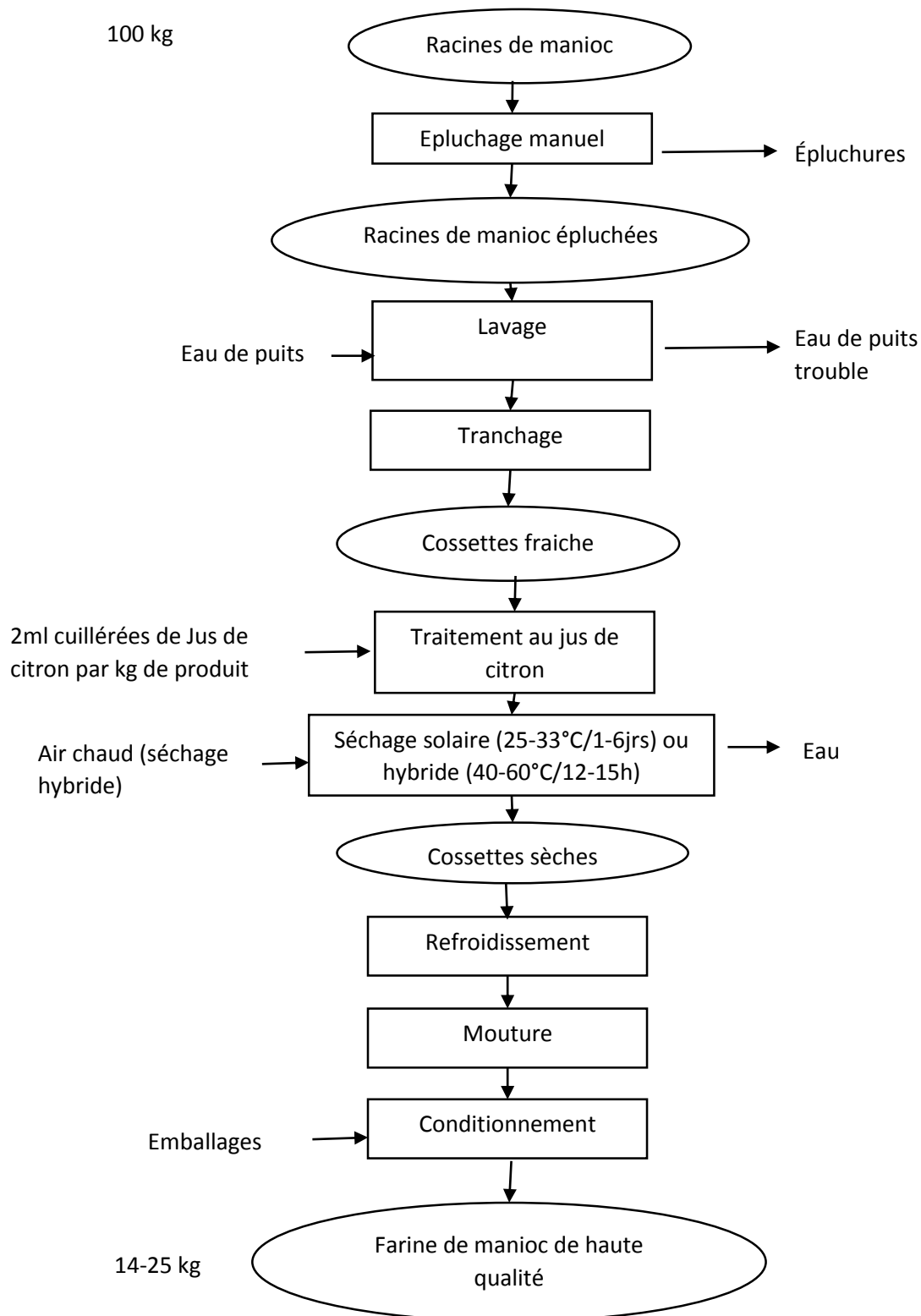


Figure 3: Diagramme PALOGS de production de FMHQ

Après récolte, les tubercules transportés à l'usine au moyen de portes-tout ou d'un tracteur à chariot (en fonction des quantités). Ensuite les opérations successives effectuées sont les suivantes :

- **Pelage** : les racines sont pelées manuellement au moyen de couteaux en acier inoxydable. Cette opération prend environ 2 minutes par kilogramme de racine fraîche et par opérateur.
- **Lavage** : Les racines sont ensuite lavées à l'eau du puits. Le lavage est également manuel, par immersion des racines dans de l'eau, dans une bassine en matière plastique. La quantité d'eau est estimée en moyenne à 0.9 litre/kilogramme de tubercules épluchés et l'opération dure en moyenne 30 secondes/kilogramme de racine.
- **Tranchage** : c'est également une opération manuelle, effectuée à l'aide de couteaux en acier inoxydable. Elle consiste à trancher les tubercules lavées en cossettes C'est une opération pénible selon les opérateurs interrogés, et qui consomme beaucoup en temps, soit en moyenne 5 minutes par kilogramme de racines fraîches par opérateur. L'opération est délicate car le risque de blessure par coupure est élevé. La taille des tranches (cossettes fraîches) n'est pas uniforme du fait que l'opération est manuelle et que l'opérateur veut être le plus rapide possible.
- **Râpage-Pressage** : C'est une opération alternative au tranchage, effectuée lorsque la quantité traitée est au-delà de 100 kg, afin de gagner en temps. Les tubercules lavés sont rappés dans grattoir électrique de fabrication artisanale. Le débit de râpage est d'environ 2kg de tubercules épluchés par minute. La pâte est pressée dans des sacs en fibres plastiques au moyen d'une presse mécanique. Le pressage peut s'allonger sur une durée de 12h (le minimum étant d'environ 30 minutes), dépendamment des conditions ou contraintes de transformation : En effet, si les conditions météorologique (ciel ensoleillé) ou technologiques (électricité) sont favorables selon que le séchage soit solaire ou électrique respectivement, le séchage peut se faire immédiatement après une heure de pressage. Toutefois si ces conditions sont défavorables, la semoule demeure à la presse jusqu'à ce que la suite du procédé soit favorable. Mais au-delà de 12h et afin de ne pas perdre la semoule qui a déjà amorcée la phase de fermentation, cette dernière est valorisée pour la production de produits fermentés tels que le gari et la farine fermentée ou *fufu*.
- **Décontamination** : Cette opération facultative consiste mélanger les cossettes ou la semoule à du jus de citron à raison de 2ml/kg de produit. D'après les membres du

brainstorming, le traitement au jus de citron est un moyen de décontamination, un antimicrobien.

- **Séchage** : Le séchage est soit solaire (1 à 3 jours en saison sèche, jusqu'à 5 ou 6 jours en saison pluvieuse) soit au séchoir électrique hybride (l'électricité alimente un ventilateur pour l'apport d'air, tandis que la chaleur est fournie par la combustion du gasoil dans un bruleur). Ce dernier mode de séchage dure en moyenne 12 heures, à 60°C (40°C pendant la première heure, puis augmentation à 60°C). Pour ce qui est du séchage solaire, il prend plus de temps et est difficile à cause de la contrainte météorologique. En effet, les pluies sont abondantes en juin, tombant parfois pendant toute une semaine sans arrêt.
- **Refroidissement** : Le produit séché étalé sur des étagères en contreplaqué pendant 15 à 20 minutes.
- **Mouture** : cette opération est réalisée à l'aide d'un moulin pulvérisateur électrique à marteau d'une capacité estimée à 400 kg de cossettes ou de semoule écrasé par heure.
- **Conditionnement** : Le conditionnement se fait en paquets de 1Kg, 5kg, 7kg, 10kg, 25kg et 50kg. Cette opération est actuellement manuelle.

En définitive, les productions ont des durées très variables, dépendant notamment du type de séchage employé.

d) Les opérateurs

Les opérateurs de la chaîne de transformation de manioc en général sont des femmes. Elles sont recrutées à proximité du lieu de transformation et ne reçoivent en général pas de formation. Elles apprennent la pratique en observant les plus anciennes. En général ce sont des temporaires et elles sont rémunérées une fois la tâche accomplie. Cette rémunération, est fixée à 2000 FCFA par jour. Mais dans certains cas, elles sont rémunérées par tâche, et dans ce cas elles négocient le prix du service selon la pénibilité et le temps estimé de l'exécution de la tâche.

Ces femmes ont pour la plupart des obligations familiales (notamment les travaux champêtres et la nutrition de la famille) car ce sont des femmes au foyer. Or le temps passé à l'usine ne leur permet pas de mener à bien ces obligations familiales. C'est la raison pour laquelle certaines se voient interdites de travail par leurs époux qui estiment que le salaire est misérable comparé aux sacrifices consentis.

B) Contraintes, problèmes liés à la production

Le GIC PALOGS fait actuellement face à plusieurs contraintes qui peuvent être regroupées en :

- **Contraintes environnementales** liées au marché, à l'approvisionnement en matière premières et en eau ;
- **Contraintes techniques** liées à la difficulté de transport du manioc, à l'inadéquation ou au manque d'équipements appropriés pour certaines opérations, à l'inexistence de formation pour les opérateurs aux pratiques de transformation, non maîtrise de la qualité du produit. , au climat et aux conditions météorologiques
- **Contraintes sociales** liées à la prédominance d'opérateurs féminins

Contraintes économiques

1) Les contraintes environnementales

a) La matière première

Pour ce qui est de la **matière première**, PALOGS ne dispose pas de source d'approvisionnement stable tout au long de l'année. Un champ de 40 ha vient d'être acquis, mais il n'est pas encore productif, et le GIC ne compte pas l'exploiter uniquement pour la culture du manioc. Le délégué du GIC estime que même avec une telle exploitation, PALOGS aura toujours besoins d'approvisionnement externe en racine fraîches. Le manioc est très souvent acheté aux petits agriculteurs locaux. L'achat se fait au champ, où l'entreprise et l'agriculteur négocient le prix du produit avant la récolte. Ceci présente un double avantage dans la mesure où l'acheteur s'assure de la variété achetée d'une part, mais aussi de la qualité du manioc.

b) Le marché

Concernant le **marché**, il faut noter qu'il est encore presque vierge au Cameroun. En effet, à l'inverse des voisins nigériens, la FMHQ est encore très peu utilisée dans l'industrie boulangère camerounaise (principale cible). Ceci obligeait au départ PALOGS à ne vendre sa FMHQ qu'au Nigeria. Des boulangers Nigériens se déplaçaient pour l'achat, le pic de quantité vendu en une seule livraison a été de 500 kg. Mais la politique d'importation du Nigeria a récemment interdit l'importation de produits non certifiés, rendant par conséquent ce marché obsolète.

Au Cameroun très peu de boulangerie utilisent la FMHQ car la législation ne l'autorise pas encore. PALOGS se trouve ainsi entre deux situations qui augmentent davantage son découragement : D'un côté il y a le marché vers le Nigéria qui est fermé actuellement à cause du problème de certification du produit, et de l'autre il y a le marché camerounais qui est non fonctionnel à cause de la législation qui n'autorise pas encore la substitution farine blé/manioc en boulangerie. De ce fait la production se fait actuellement uniquement sur commande de particuliers.

c) L'eau

L'accès à l'eau potable n'est pas aisé dans la zone, et bien que le délégué de la structure soit disposé actuellement à faire construire un forage, les productions se font avec de l'eau de puits ou celle de pluie.

2) Contraintes techniques et technologiques

a) Le problème de séchage (climat et énergie électrique)

Les **contraintes climatiques** et d'**énergie** ne sont pas en reste car l'énergie conditionne la production. Le séchage des cossettes et de la semoule se fait en général au soleil, mais le climat est très changeant, par conséquent la production est souvent perturbée par la pluie. D'autre part la ville d'Ekondo Titi est très souvent sujette à des pannes intempestives d'électricité. Ce qui entraîne parfois des manques à gagner importants à PALOGS, non seulement parce que les produits en cours de traitement sont dans certains cas détruits, mais aussi du fait de la perte de clients (suite à l'insatisfaction récurrente) et de temps.

b) Les équipements et techniques

Les équipements et des techniques employés sont très souvent inadaptées et peu efficaces. En effet, bien que PALOGS soit dotée de certains équipements, il est à noter que certaines opérations de la production sont effectuées au moyen d'équipements inadéquats et peu efficaces. Certains équipements indispensables sont hors service. De plus certains équipements sont souvent mal entretenus, (non lavés après usage), et certains comme les presses sont faits avec des matériaux inadéquats qui rouillent avec le temps, il y a donc risque de contamination de l'aliment lors de l'opération. Nous pouvons en noter de plus:

- **Le tranchage** s'effectue manuellement au moyen de couteaux. Cette opération est particulièrement pénible pour l'opérateur et inefficace du fait des quantités à traiter

élevée et du temps qu'elle consomme. De plus l'épaisseur des cossettes obtenues par cette technique n'est pas homogène, et le risque d'accident (coupure) est élevé.

- **Séchage** : PALOGS dispose d'un séchoir hybride, pouvant contenir 350 à 400Kg de cossettes fraîches. Toutefois, après observation nous pouvons nous rendre compte de ce que :
 - **Ce séchoir a été mal dimensionné avant installation**, par conséquent il constitue à présent l'un des principaux manques à gagner de l'usine. En effet, non seulement son acquisition et son installation ont coûtées très cher à l'entreprise (estimée à environ 9 000 000 de FCFA), mais de plus il consomme énormément en carburant sans que rendement s'en suive. En outre, ses composants (système de ventilation et volume de l'enceinte de séchage) ne sont pas compatibles. Le système ventilation-chauffage pourrait supporter une enceinte de séchage au moins deux à trois fois plus volumineuse. Par conséquent la capacité de ce système est sous-exploitée.
 - **L'arrivée d'air est parallèle aux claies** : La conséquence directe est que le mouvement de l'air n'est pas homogène dans toute l'enceinte (les produits situés à certains niveaux sèchent plus vite que les autres), et par conséquent l'opération consomme plus de temps, et donc d'énergie. La sortie d'air humide est également très petite ; par conséquent, combinée à la mauvaise circulation d'air, de la vapeur d'eau pourrait s'accumuler. On assiste ainsi à la cuisson du produit, phénomène indésirable.
 - Les **claies** sont mal adaptées, non seulement par leur forme qui ne facilite pas la circulation de l'air, mais aussi par leur nature en aluminium qui pourrait favoriser un transfert de chaleur par conduction avec le produit. De plus leur tranchant les rend particulièrement dangereuses.
- Le tracteur à chariot est en panne depuis plusieurs mois, et aucune mesure de maintenance n'a été jusqu'ici prise à cet égard.

c) L'organisation, le personnel

La structure emploie en général beaucoup de temporaires et possède très peu d'employés permanents. Les seuls employés permanents sont d'ailleurs le manager de l'usine et une secrétaire de direction. Pour le reste, ce sont surtout des opérateurs, principalement des femmes non formées, payées à la fin de la journée. Selon les données recueillies du registre de rapport

quotidien, le nombre maximum d'opérateur est de 39 en période de pleine activité, et ce nombre varie proportionnellement au travail à effectuer.

L'une des contraintes marquantes concernant l'organisation est l'absence d'enregistrements sur les données essentiels de la production tels que les quantités produites et les chiffres d'affaire. Cette contrainte rend particulièrement difficile l'évaluation de la rentabilité de l'activité.

d) Gestion qualité

Les opérateurs ne sont en général pas formés aux pratiques de transformations et le système qualité est pratiquement inexistant. On note ainsi :

- Non-respect des Bonnes pratiques (BPF, BPH): notamment en ce qui concerne la propreté des locaux du personnel, la marche en avant, lutte contre les nuisibles dans l'usine (rats, charançons, etc.), nature (matériaux constitutifs) et entretien du matériel, vérification de l'état de santé des opérateurs, etc.
- Aucune procédure opérationnelle ;

3) Contraintes sociales

Les opérateurs sont principalement des femmes, recrutés dans les environs de l'unité de transformation. Elles ne sont en général pas formées, si oui dans le tas. Ce sont très souvent des temporaires, rémunérées en fin de journée en fonction de la difficulté du travail.

Le travail en usine occupe pratiquement toute la journée, limitant ainsi la disponibilité de ces femmes au sein de leurs foyers. Elles sont souvent assistées de leurs enfants. Les hommes quant à eux s'intéressent moins à cette activité, ils se consacrent plus aux cultures de rentes que sont le cacao et le palmier à huile.

I.1.2) Classification des contraintes : diagramme d'Ishikawa

La figure 4 ci-dessous résume l'essentiel des contraintes liées au système de production de FMHQ de PALOGS, classées suivant les 5M.

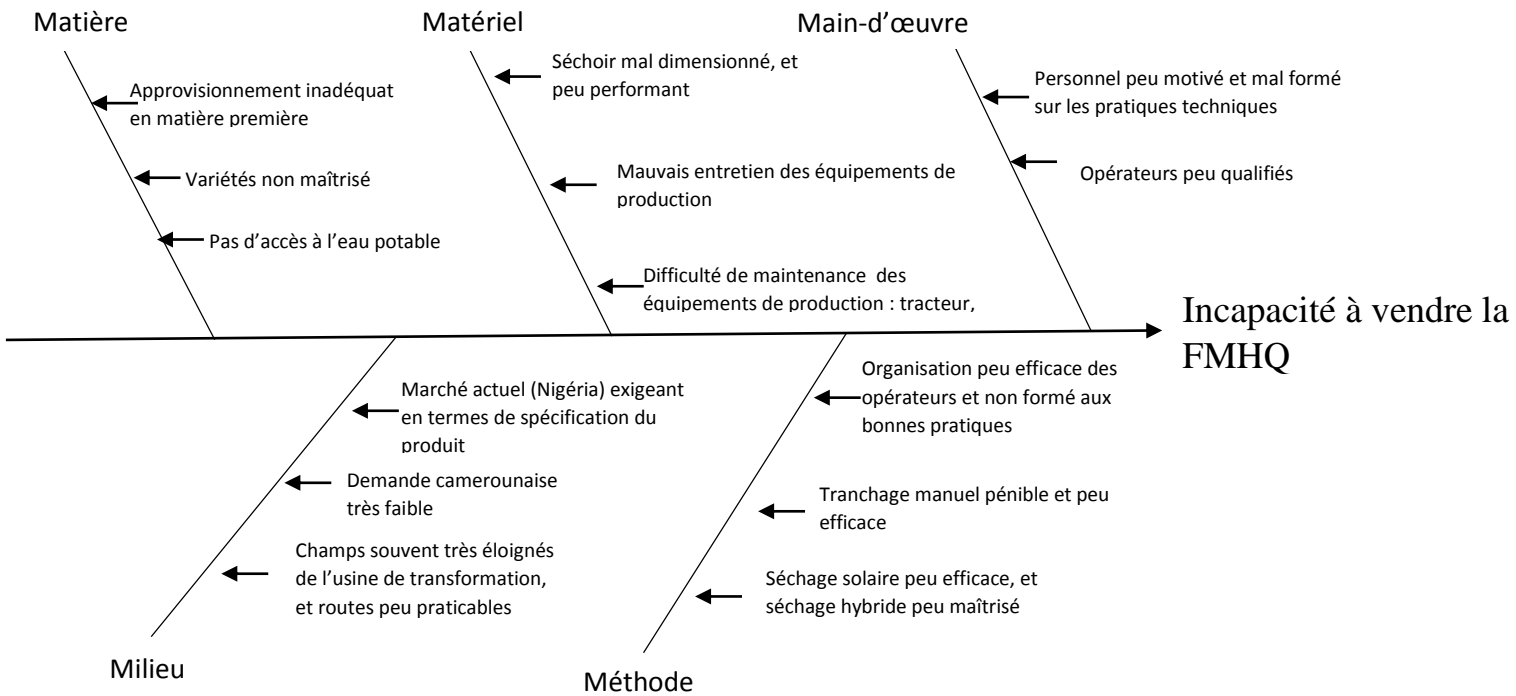


Figure 4: classification des contraintes selon les 5M

II.1.3) Rendements de la production

Le tableau 5 ci-dessous résume les valeurs de rendement de production obtenues sur la base des cinq (5) productions effectuées.

Tableau 5: rendements des productions

	VARIETE 8034	VARIETE LOCALE
RENDEMENT A L'EPLUCHAGE	76.64 ± 10.70	74.14 ± 1.99
RENDEMENT AU SECHAGE	27.16 ± 3.65	23.84 ± 1.46
RENDEMENT A LA MOUTURE	92.08 ± 2.30	93.96 ± 2.13
RENDEMENT GLOBAL	19.45 ± 5.52	16.60 ± 0.94

Nous pouvons constater que l'épluchage réduit en moyenne la matière de 24.36%. Les rendements globaux de production s'étalent entre 14 et 25%, avec une moyenne à 18.31%

II.2) Evaluation de la rentabilité

Le tableau 6 suivant résume l'investissement total de PALOGS sur son unité de production.

Tableau 6: Investissement actuel en infrastructure et équipements et d'amortissement

	Durée de vie	Prix unitaire (FCFA)	Quantité	Prix total (FCFA)	Amortissement Annuel (FCFA)
Matériel de fabrication et équipements					
Infrastructures	20 ans	27 500 000	-	27 500 000	1 375 000
Séchoir hybride	10 ans	9 000 000	1	9 000 000	900 000
Tracteur à chariot	10 ans	6 500 000	1	6 500 000	650 000
Moulin à marteau	10 ans	6 000 000	1	1 200 000	120 000
Autre matériels	2 ans	500 000	-	500 000	250 000
Presses mécaniques	5 ans	200 000	2	400 000	80 000
Balance électronique	10 ans	200 000	1	200 000	20 000
Balance mécanique	5 ans	50 000	1	50 000	10 000
Total	-	-	-	46 350 000	3 405 000

Il ressort de ce tableau que l'investissement total de PALOGS est de 46 350 000 FCFA, avec un amortissement annuel de 3 405 000 FCFA. L'amortissement ici est considéré à annuité constant. PALOGS estime que la production de FMHQ représente 20% de son chiffre d'affaire. Ainsi, nous avons considéré que seule cette activité participe de même à 20% de l'amortissement, soit 681 000 FCFA.

La production s'effectue 5 jours par semaine, soit 466 kg de racines traitées par jour (par rapport au rendement à l'épluchage, soit 350 kg cossettes) par séchage amélioré, 20 jours/mois donc 9320 kg de racines/mois, ce qui fait 111 840 kg/an. D'où 20 488 kg de farine par an (rendement global moyen = 18.31%). D'autre part, par séchage solaire, la production est estimée à 90 kg de farine par semaine, soit environ 492 kg de racine traitées. Ainsi donc on traite par cette voie 25560 kg de racine par an, ce qui produit en moyenne 4680kg de farine.

En somme, on a donc :

Racines transformés annuellement : $111840 + 25560 = 137400$ kg

Quantité de farine annuellement produite : $20488 + 4680 = 25168$ kg

Chiffre d'affaire : le prix de vente du kilogramme de FMHQ est de 500FCFA

CA = $25168 * 500 \rightarrow$ CA = 12 584 000 FCFA.

Cette quantité correspond à 504 emballages de 50 kg (250F/emballage + 150F pour impression des étiquettes, soit 400FCFA). Le terme emballage ici désigne le kit complet, c'est-à-dire Sac en fibre + sac en plastique interne. Pour ce qui est de l'électricité, la consommation électrique moyenne quotidienne est estimée à 40 kWh. Les coûts de production et le compte d'exploitation de l'activité sont présentés respectivement dans les tableaux 7 et 8 ci-dessous.

Tableau 7: Coûts annuels de production de FMHQ

	Quantité la pour production annuelle (240 jrs)	Prix unitaire (F CFA)	Prix total annuel (F CFA)
Matières premières			
Racines de manioc	137 400kg	35	4 809 000
Total			
Matières consommables			
Electricité	9 600 kWh	100	960 000
Transport des matières premières	240 jours	1500	360 000
Carburant séchoir	6000 Litres	600	3 600 000
Emballages (50 kg)	504	400	201 600
Total			
Salaires			
Ouvriers	3	60 000	1 440 000
Autres employés	1	70 000	840 000
Total général			12 210 600

Salaire : 2 000FCFA/j

Tableau 8: compte de résultat différentiel

		Montant (FCFA)	Différence	%
	Chiffre d'affaires (CA)	12 584 000	12 584 000	100
Charges variables (CV)	Matières premières	4 809 000		
	Électricité	960 000		
	Emballages	201 600		
	Transport de racines fraîches	360 000		
	carburant (pour le séchoir)	3 600 000		
	frais de maintenance			
Total		9 930 600	-9 930 600	78.91
Marge sur coût variable (M/CV)			2 653 400	21.08
Charges fixes (CF)	Salaires	2 280 000		
	Amortissement annuel	681 000		
Total		2 961 000	-2 961 000	23.52
Résultat		-	-307 600	

Sachant que : Résultat = CA- (CF+CV)

Seuil de rentabilité :

$$\mathbf{SR = 14\ 100\ 000\ FCFA}$$

Le résultat économique annuel de cette activité est négatif, soit un déficit de **307 600 FCFA**. La production de FMHQ par PALOGS n'est donc pas rentable dans cette configuration. Nous constatons d'après le compte de résultat qu'en fait les points critiques c'est-à-dire les éléments les plus coûteux pour la structure sont la matière première (racine de manioc) et le carburant (gasoil), ainsi que le salaire des employés. Le chiffre d'affaire à dépasser pour la rendre rentable est de **14 100 000 FCFA**.

Pour pallier à ce problème, plusieurs solutions sont envisageables :

- Augmentation du chiffre d'affaire
- Réduction des coûts d'acquisition de racines fraîches de manioc.
- Réduction de la consommation en carburant

Une augmentation du chiffre d'affaire pourrait significativement augmenter la rentabilité de cette activité, à condition que l'entreprise puisse bien gérer les coûts que cette augmentation susciterait.

Le salaire des employé ne pouvant être réduit au vu de la lourdeur du travail et pour éviter des mécontentements, les meilleurs moyens de relever ce résultat à une valeur positive sont donc de réduire les coûts d'acquisition de racines de manioc et/ou réduire la consommation en carburant du séchoir par exemple en redimensionnant ce dernier ou en changeant la source de chaleur. Pour le premier cas, l'acquisition d'un champ de manioc suffisamment grand en superficie pour alimenter le GIC pendant toute l'année s'avère indispensable. Pour le dernier cas par ailleurs, la combustion du bois serait une alternative plus économique.

II.3) Evaluation de la qualité du produit

Le tableau 9 ci-dessous résume les résultats obtenus sur les caractéristiques physicochimiques des FMHQ. Seules quelques caractéristiques ont été évaluées, selon leur importance et l'accessibilité au matériel expérimental adéquat.

Tableau 9: Quelques caractéristiques physicochimiques des FMHQ de PALOGS

Farines	Teneur en cyanures (mg/kg)	Température d'empesage (°C)	Teneur en cendre (%)	Teneur en eau (%)	Acidité totale (%)	Teneur moyenne en amidon (%)	% de particules inférieures à 250µm
Far1	9,64±0,46	74,63	2,04±0,31	11,13±0,12	0,014 ± 0,000080	84,69 ± 4,23	93,00 ± 1,28
Far2	35,35±1,62	72,9	2,40±0,19	13,31±0,12	0,048 ± 0,000402	95,82 ± 5,19	78,20 ± 1,87
Far3	34,55±0,81	72,96	2,40±0,19	12,13±0,12	0,027 ± 0,000328	94,95 ± 4,23	79,93 ± 4,10
Far4	17,56±0,81	74,12	2,04±0,31	11,30±0,42	0,022 ± 0,000402	80,64 ± 5,19	86,33 ± 6,76
Far5	42,01±1,98	75,42	2,04±0,31	13,07±0,12	0,0017 ± 0,000328	66,20 ± 4,23	80,83 ± 0,45
Réf.	Max 10,00	Min 75,00	Max 0,35	Max 12,00	Max 0,25	Min 60,00	Min 95

Globalement, on peut remarquer, par leur grande variabilité d'une production à l'autre, que plusieurs de ces paramètres sont peu maîtrisés par PALOGS.

La teneur en cyanures varie de 9.64 à 42.01mg/kg de farine. Or le référentiel choisi voudrait que cette teneur soit au maximum 10mg/kg. Seule une des cinq farines satisfait à ce standard, en occurrence la farine Far1. Le taux de toxicité accepté pour prévenir une intoxication doit être inférieur à 50 mg de HCN/kg de manioc frais (Piyachomkwana et *al.*, 2005), pour les farines destinées à la cuisson avant consommation.

Concernant les températures d'empesage, le maximum observé est de 75,42°C pour la farine Far5. Globalement toutes les farines respectent le référentiel EAS, ce-dernier stipulant que la température maximale doit être de 75°C.

Les valeurs de teneur en eau des FMHQ sont également bien groupées autour de la valeur maximale admissible par le référentiel EAS, soit de 12%. La plus petite valeur est de 11.13±0.12% pour l'échantillon Far1, tandis que la valeur la plus élevée est de 13.31±0.12% pour l'échantillon Far2, avec une moyenne de 12.18%.

Les valeurs d'acidité totales se rangent globalement entre 0.014±8x10⁻⁵ % et 0.048±4.02x10⁻⁴% avec une moyenne de 0.0256%, soit 10 fois inférieure à la valeur maximale admissible qui est de 0.25%. Nos farines sont donc peu acides, ce qui confirme qu'elles ne sont pas fermentées.

De même, la teneur globale en amidon est de loin supérieure à la valeur minimale admissible (soit de 60%), avec une moyenne de 85.37%. La farine Far5 présente néanmoins une très faible teneur en amidon comparée aux autres farines. Ceci pourrait être attribué aux contraintes de fabrication au cours de la production de cette farine. En occurrence, nous pouvons citer une défaillance électrique au cours du séchage alors que l'enceinte était encore humide et à 45°C. Le produit est resté dans ces conditions pendant environ 6h. Plusieurs processus biochimiques, notamment l'hydrolyse enzymatique de l'amidon ont pu avoir lieu dans ces conditions.

Les teneurs en cendre sont globalement entre 2.04±0.31% et 2.40±0.19%. Ces valeurs sont largement au-dessus de la valeur maximale admise par la norme Est africaine, soit de 0.35%.

Concernant enfin la granulométrie des farines, le pourcentage de grains qui traverse les mailles du tamis d'ouverture de mailles 250µm est globalement inférieur à la valeur minimale admissible, soit de 95%. Les farines ne sont donc pas assez fines. Ceci pourrait notamment être lié à une inefficacité du moulin. Par conséquent pour une application de ces farines en

panification par exemple, le pourcentage de perte en FMHQ serait trop important. En effet, pour assurer un bon mélange à la farine de blé dont la granulométrie est plus fine, il faudrait tamiser ces farines de manioc à l'aide d'un tamis d'ouverture de maille 250 μ m. Ceci afin que le mélange des deux farine soit homogène.

CONCLUSION PARTIELLE

De ce qui précède, il ressort que PALOGS possède une unité de production de FMHQ de type semi-industriel. C'est une jeune unité de production qui a des difficultés à prospérer face aux contraintes auxquels elle doit faire face. Ces contraintes sont globalement d'ordre environnemental, technique, sociale, économique, et liées à la difficulté d'accès à la matière première, au marché, à la bonne information. PALOGS a plusieurs activités, et la production de FMHQ bien qu'étant la plus récente dans son portefeuille, lui a coûté un investissement évalué à plus de 46 millions de FCFA. Or l'évaluation de la rentabilité de l'activité révèle un résultat net négatif, soit de -307 600 FCFA. En outre, PALOGS a du mal à maîtriser son procédé ainsi que la qualité de ses farines, et cela se perçoit au niveau de la grande variabilité du rendement de la production (entre 14 et 25%) ainsi qu'au niveau des valeurs des paramètres de qualité mesurés, qui ne satisfont pas aux critères de qualité, notamment la granulométrie des farines, la teneur en cyanures et en cendres. Pour pallier à cette situation l'entreprise a besoin d'une expertise aussi-bien technique qu'économique, afin de redimensionner son unité de production, après au préalable une étude de marché.

Certes PALOGS produit une farine qui selon le référentiel EAC 2012 ne satisfait pas certains critères de qualité, mais qu'obtiendrait-on de cette dernière dans une application en panification ? Autrement dit, dans un contexte où l'on souhaiterait substituer la farine de blé en panification par de la FMHQ à un certain taux de substitution, PALOGS serait-elle prête à fournir une farine de manioc de haute qualité permettant d'obtenir des produits de panification de qualité satisfaisante ?

CHAPITRE III :

*Valorisation des farines de manioc
de PALOGS en panification*

INTRODUCTION

La panification au sens le plus simple du terme désigne la technologie de fabrication du pain. Le pain se définit également comme le produit obtenu par la cuisson d'une pâte composée de farines panifiables, de levure ou de levain, d'eau et de sel. Des additifs autorisés peuvent aussi être employés dans son élaboration (Langraf, Techniques de l'Ingénieur). A la base, il y a donc une farine au caractère dit panifiable. Ce caractère est directement lié à leur richesse en gluten, complexe protéique viscoélastique et cohésif qui par sa présence dans la farine en une proportion définie, confère au pâton et aux pains qui en découlent des propriétés physicochimiques et texturales caractéristiques. Dans les pays en développement, de nombreuses tentatives de valorisation de farines locales, c'est-à-dire faites à base de produits locaux tels que les céréales et tubercules, se sont en général soldées par des échecs du fait non seulement de l'hostilité de la filière (meunerie, boulangerie), mais aussi à cause de l'incertitude d'approvisionnement suffisant et constant. Or il est indéniable que substitution partielle de la farine de blé par celle de céréales locales ou celle de racines et tubercules tel que le manioc, peut constituer une alternative intéressante en termes de coûts bénéfiques par rapport aux grains importés (Abdourahamane et *al.*, 1999). Toutefois, aujourd'hui l'aggravation de la crise en Afrique (économique, alimentaire, etc.), ce continent est plus que jamais engagé dans la valorisation de ses produits locaux. Cet engagement, traduit au Cameroun à travers des initiatives à l'instar du Projet d'Investissement et de développement des Marchés Agricoles, visent à mettre au point des produits acceptables tant sur le plan technologique qu'économique. PALOGS souhaite à travers ce projet s'engager dans cette dynamique. Son marché visé est principalement constitué de boulangeries, et ces dernières (surtout en ce qui concerne les boulangeries camerounaises) se montrent sceptiques quant à la qualité des produits que l'on pourrait obtenir en substituant la FMHQ à la farine de blé. Face à cette contrainte, il devient nécessaire de lever le doute quant à la qualité boulangère des farines composites manioc/blé, afin de rassurer, et par là séduire ce vaste marché potentiel. Les différentes analyses couramment effectuées sur les qualités plastiques des pâtes ou des farines ne permettent pas de tirer des conclusions nécessaires sur la valeur boulangère de ces farines, le moyen qui reste le plus sûr est l'essai expérimental de panification (CALVEL, 1980). Il sera donc question dans ce chapitre de déterminer si les FMHQ de PALOGS, substituées à de la farine de blé, donnent des farines composites et des produits de panification de qualité acceptable comparativement aux produits faits uniquement à base de farine de blé. De plus il sera question à l'issue des résultats des essais de panification, de déterminer un bon pourcentage de substitution pour chaque produit.

III.1) Matériels et méthodes

III.1.1) Obtention et préparation des farines

Nous avons utilisé pour cette partie 5 farines de manioc produites à PALOGS durant la période de diagnostic des pratiques. Les farines sont différentes d'une part par la nature des variétés utilisées, et d'autre part par les différents traitements technologiques ayant conduit à leur obtention. Les opérations unitaires ayant conduit à l'obtention de ces farines sont décrites au chapitre I ci-dessus, dans la description de la pratique technique. De même, le tableau 3 présente une description de ces farines.

Ces farines ont été tamisées au préalable à l'aide d'un tamis d'ouverture de maille 250 μ m, puis utilisées en substitution à de la farine de blé tendre de marque SITRABCAM, d'une teneur en protéines de 11.5% minimum et d'humidité maximale 13.5%. Nous avons ainsi obtenu des farines composites blé/manioc.

III.1.2) Outils :

Logiciels

- Microsoft Excel 2013
- STATGRAPHICS Centurion XVI, version 16.1.11, utilisé pour l'analyse des données ;
- SigmaPlot, version 11.0

Equipements

- Machine à pain de marque Riviera & Bar que nous avons utilisé pour le pétrissage
- Four électrique

III.1.3) Méthodologie

III.1.3.1) Préparation et mélange des farines

Cette étape a consisté principalement à s'assurer que les farines aient la même gamme granulométrique afin d'obtenir des mélanges homogènes. Comme indiqué dans les résultats du chapitre précédent, les farines de manioc dont nous disposons initialement ont une granulométrie générale avec 78 à 93% de grains inférieurs à 250 μ m. Or l'analyse granulométrique de la farine de blé dont nous disposons montre qu'en moyenne 98% des grains ont une granulométrie inférieure à 250 μ m. Nous avons donc tamisé nos farines de manioc avec un tamis d'ouvertures de maille 250 μ m.

Ainsi, les farines composites ont été préparées dans les proportions 10, 20, 30, 40 et 50% de farine de manioc. Ces mélanges ont été effectués sur la base des travaux menés par Defloor et collaborateurs (1993), Eggleston (1993) et Khalil et collaborateurs (2000) qui ont montrés que pour ces produits on pouvait aller jusqu'à 50% de substitution. La farine 100% blé a également été retenue pour la fabrication des pains témoins. Pour les pains ordinaires, seuls les farines composites 10, 20 et 30% seront utilisées, tandis que pour les pains au lait toutes les farines ont été utilisées. En tout, 26 farines ont été formulées, soit 25 farines composites et 1 farine 100% blé.

III.1.3.2) Essais de panification et mesure de quelques paramètres physicochimiques

a) Profils de viscosité des farines composites

Les profils de gélatinisation des farines composites ont été établis à l'aide d'un viscosimètre RVA Tec Master Perten, Australie. Au cours de l'analyse RVA, 2.5g de matière sèche sont prélevés et introduits dans un godet en aluminium puis complétés avec de l'eau distillée pour atteindre une masse totale de l'échantillon de 28g. Un agitateur à hélice est ensuite fixé sur le godet puis monter sur l'équipement. Cette analyse se déroule en 13 min avec une phase de stabilisation de la vitesse de rotation de l'agitateur qui dure environ 10 secondes, puis une phase de montée en température du mélange à vitesse de rotation constante. C'est au cours de cette phase que les données seront extraites pour la détermination du profil de viscosité et partant, de la température de gélatinisation de chaque farine. Après la phase de croissance de température il s'ensuit une phase de descente de température à vitesse de rotation constante. Les températures mesurées ici sont exprimées en °C et la viscosité en centipoise (cPo) pour des écarts de temps exprimés en seconde.

A l'issue de ce test, trois (3) paramètres sont retenus pour évaluer le profil rhéologique. Il s'agit de :

- La température de gélatinisation qui exprime la température minimale requise pour cuire un échantillon donné. Cette température pourrait peut influencer sur la stabilité des autres composants d'une formule et informe également sur les coûts énergétiques.
- Le « Setback » qui fait référence à la recombinaison des molécules d'amidon pendant le refroidissement. Elle implique la rétrogradation, ou réorganisation des molécules d'amidon et a été corrélée avec la texture de différents produits. En d'autres termes, le setback mesure la synérèse de l'amidon cuit pendant son refroidissement et pendant la conservation. Pour le pain, cette rétrogradation se traduit par la perte de l'eau de

constitution ; le pain devient progressivement ferme : il rassit. Le setback correspond à la différence entre la viscosité finale (final viscosity) et le creux de la courbe de viscosité (hold viscosity).

- Le « breakdown » qui est une mesure de l'hydrolyse de l'amidon cuit, se calcul par la différence entre la viscosité maximale (peak viscosity) et le creux de la courbe de viscosité.

Le profil de viscosité de la farine de blé qui a été utilisé comme témoin.

b) Panification

Deux types de pains ont été produits:

- Le **pain français** : qui correspond au pain ordinaire (baguettes) ;

Les tableaux 10 et 11 ci-dessous présentent les ingrédients respectivement des pains français et des pains au lait.

Tableau 10: ingrédients pains français

Ingrédients		Taux de substitution			
		0%	10%	20%	30%
Farine	blé	200g	180g	160g	140g
	manioc	0g	20g	40g	60g
Eau		100 ml	100 ml	100 ml	100 ml
Sel		3g	3g	3g	3g
Levure de boulanger		2g	2g	2g	2g

- Le **pain au lait** qui correspond au pain de tradition anglo-saxonne.

Tableau 11: Ingrédients pains au lait

Ingrédients		Taux de substitution					
		0%	10%	20%	30%	40%	50%
Farine	blé	200g	180g	160g	140g	120g	100g
	manioc	0g	20g	40g	60g	80g	100g
Eau		100ml	100ml	100ml	100ml	100ml	100ml
Sel		3g	3g	3g	3g	3g	3g
Levure de boulanger		4g	4g	4g	4g	4g	4g
sucre		30g	30g	30g	30g	30g	30g
Lait en poudre		10g	10g	10g	10g	10g	10g
Huile		20ml	20ml	20ml	20ml	20ml	20ml
Œuf		1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5

Le schéma de la production est le suivant :

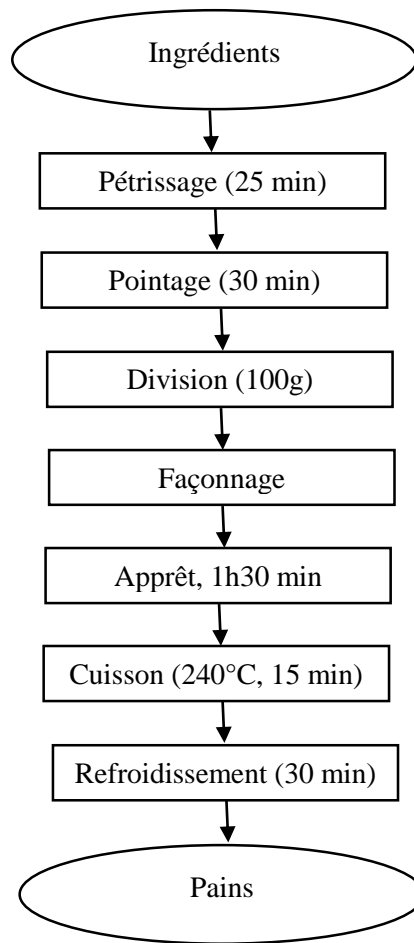


Figure 5: Procédé de panification

c) Détermination de la densité des pains

La détermination de la densité des pains a été effectuée tout d'abord par mesure de la masse et du volume de chaque pain.

- La masse du pain est déterminée par pesée à l'aide d'une balance analytique.
- La détermination du volume a été effectuée de façon indirecte comme suit : un récipient de volume V_0 suffisant (pouvant contenir entièrement le pain) est rempli de brisures de riz tout en l'agitant suffisamment afin que les graines de brisure se tassent bien; ce volume de riz est pesé et sa masse m_0 est notée. Ensuite, le pain est introduit dans le récipient vide, puis le volume de ce dernier est complété à l'aide de brisures de riz précédemment pesé tout en veillant à ce qu'elles se tassent suffisamment. Le volume de brisures restantes, de masse m_1 , correspondant au volume du pain est déterminé par d'expression :

$$V_p = \frac{m_1 \times V_0}{m_0}$$

Avec V_p = volume du pain en cm^3 , m_0 et m_1 en gramme

Pour chaque production, trois (3) pains sont évalués.

La densité du pain sera ainsi déterminée par :

$$dp = \frac{mp}{V_p \times \rho_e}$$

Avec dp = densité du pain ; ρ_e = masse volumique de l'eau ($1\text{g}/\text{cm}^3$) ; mp = masse du pain.

d) Mesure de la texture des pains : profil de vieillissement.

La texture des pains a été mesurée à l'aide d'un texturomètre LFRA TEXTURE ANALYSER BROOKFIELD par la méthode AACC 74-09 (1987).

Une tranche de 25mm est placée sous une sonde cylindrique de diamètre de 38.1mm. Le pain est comprimé à 50% et la charge de crête (peak load) est employée comme indication de la fraîcheur. En outre, l'échantillon peut être comprimé jusqu'à une certaine charge. La distance parcourue par la sonde pour réaliser la charge est la compressibilité, qui est une indication de la mollesse (final load). Ces mesures ont été effectuées au centre de la tranche et les pains coupés ont été conservés dans un emballage plastique à la température ambiante. L'intérêt de cette méthode est de caractériser le produit à l'aide d'une mesure instrumentale et de permettre de suivre par exemple l'évolution de la souplesse de la mie dans le temps.

Le profil de rassissement des pains est ainsi mesuré en mesurant la texture toute les 12h, pendant 24h (soit 3 mesures, c'est-à-dire à 0, 12 et 24h) pour les pains ordinaires, et toutes les 24h pendant 48h pour les pains au lait.

III.2) Résultats et discussion

III.2.1) Profil de viscosité

Les figures ci-après (figure 6) représentent l'influence du taux de substitution de FMHQ à la farine de blé sur quelques paramètres rhéologiques des farines.



Figure 6: Influence du taux de substitution sur quelques paramètres rhéologiques (température de gélatinisation, setback, breakdown) des farines composites manioc/blé

Les histogrammes ci-dessus présentent l'influence du taux de substitution sur la température de gélatinisation, le breakdown (indice de stabilité) et le setback (indice de gélatinisation) des farines composites manioc/blé.

Les températures de gélatinisations varient globalement très peu, soit entre 74,68°C et 76,58°C pour les farines composites MB5 par exemple. Elles ne sont donc pas trop éloignées de celle de la farine de blé qui est de 68,04°C. La substitution aurait donc peu d'influence sur la température de gélatinisation des farines composites manioc/blé.

Pour ce qui est du Setback, l'on peut remarquer que pour l'ensemble des farines, sa valeur décroît lorsque le taux de substitution augmente. Ainsi, la valeur de setback pour la farine de blé (0% de substitution), soit de 826cPo est la plus élevée, tandis que cette valeur est la plus basse pour les farine substituées à 50%. On peut remarquer une assez bonne corrélation en général entre le Setback et le taux de substitution (traduit par le R^2). Le setback étant une mesure de l'aptitude à la rétrogradation (Abdourahamane et *al.*, 2009 ; Azokpota et *al.*, 2010), la rétrogradation des gels d'amidons issus de ces farines d'autant moins important que le taux de substitution est élevé. En fait, la rétrogradation correspond à un réarrangement des macromolécules d'amidon gélatinisé pendant le refroidissement et la conservation du gel d'amidon, conduisant à une structure cristalline (Liu, 2003). L'amylose est la molécule la plus impliquée dans ce phénomène, du moins dans la première phase selon les travaux d'Atwell et *al.* (1988). Plusieurs modèles ont été proposé pour décrire la rétrogradation (Donovan en 1979 ; Evans et Haisman en 1982 ; Colonna et Mercier en 1985 ; Slade et Levine en 1987), mais tous s'accorde sur le fait que la rétrogradation se manifestent surtout par un réarrangement des molécules d'amyloses, et est donc d'autant plus important que l'amidon en est riche. Or l'amidon de blé est plus riche en amylose que celui de manioc, soit respectivement 24.3 et 17.1 respectivement (Hizukuri, 1996 ; Hoover and Sosulski, 1991). Il est donc normal que la farine de blé rétrograde plus. Par ailleurs, on s'attendrait à ce que les profils de vieillissement des pains suivent cette même logique.

Concernant le Breakdown (indice de stabilité de l'amidon), on peut remarquer que sa valeur est en général faible pour les faibles taux de substitutions, et plus élevée pour les taux de substitution plus grands. Pour les farine composites MB1, on remarque une bonne corrélation linéaire avec le taux de substitution ($R^2 > 0.9$), Mais en général la corrélation est très faible pour les autres farines. Il est par conséquent difficile de conclure sur l'influence du taux de substitution sur le breakdown. Le breakdown pour la farine de blé est de 382cPo, tandis celui des substitutions est plus élevé, pouvant aller jusqu'au double, voire le triple de cette valeur.

III.2.2) La panification

Les photos 7 et 8 ci-dessous présentes les pains français (photo 7) et au lait (photo 8). Pour les pains français, nous remarquons que jusqu'à un taux de substitution de 20% il n'y a pas de différence observable sur le plan de l'aspect. En outre, pour les pains au lait, la différence est réellement perceptible à partir de 40% de substitution.



Photo 7: Pains ordinaires (du haut vers le bas, de la gauche vers la droite : 0%, 10%, 20% et 30% de farine de manioc).



Photo 8: Pains au lait (du haut en bas et de gauche à droite : 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, et 50%)

Au-delà de 20% pour les pains français et de 30% pour les pains au lait, l'aspect du pain change, ainsi que le volume. Cela s'explique par la diminution de la teneur en gluten. En effet, contrairement à la farine de blé, la FMHQ ne contient pas de gluten. Par conséquent plus le pourcentage de farine de manioc sera élevé, moins la farine contiendra de gluten. Or c'est la gluten qui est responsable du caractère viscoélastique qui confère au pâton sa capacité à retenir le CO₂ pendant la fermentation ; par conséquent ce complexe protéique permet à la pâte de lever tout en demeurant lisse, conférant par la même occasion au pain un alvéolage un volume et un aspect caractéristiques.

III.2.3) Densités des pains

Les tableaux ci-dessous présentent les densités des pains ordinaires (tableau 12) et pains au lait (tableau 13) à différents taux de substitution.

La densité peut se présenter comme un critère déterminant pour l'acceptabilité d'un pain. Les densités des pains composites dans cette étude ont été comparées à celle des pains à 0% de substitution.

Tableau 12: Densités des pains ordinaires ou pains français.

Echantillons	Densités pour chaque taux de substitution			
	0%	10%	20%	30%
Blé 100%	0,448 ± 0,002			
Far1	-	0,387 ± 0,009*	0,515 ± 0,012*	0,528 ± 0,005*
Far2	-	0,428 ± 0,031	0,506 ± 0,019*	0,547 ± 0,060*
Far3	-	0,462 ± 0,020	0,452 ± 0,021	0,516 ± 0,032*
Far4	-	0,452 ± 0,021	0,433 ± 0,001	0,527 ± 0,004*
Far5	-	0,426 ± 0,015	0,513 ± 0,026*	0,660 ± 0,054*

*Note: * marque les pains qui ont une densité significativement différente de celle du pain de blé 100% au seuil de 5%.*

Tableau 13: densités des pains au lait

Echantillon	Densités pour chaque taux de substitution					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Blé 100%	0,350 ± 0,009					
Far1		0,342 ± 0,009	0,358 ± 0,012	0,358 ± 0,008	0,634 ± 0,013*	0,915 ± 0,015*
Far2		0,343 ± 0,024	0,357 ± 0,010	0,366 ± 0,007	0,583 ± 0,022*	0,837 ± 0,013*
Far3		0,327 ± 0,009	0,362 ± 0,002	0,477 ± 0,006*	0,892 ± 0,010*	0,730 ± 0,112*
Far4		0,404 ± 0,0006*	0,368 ± 0,007	0,618 ± 0,050*	0,712 ± 0,016*	0,772 ± 0,022*
Far5		0,474 ± 0,024*	0,460 ± 0,025*	0,437 ± 0,021*	0,674 ± 0,036*	1,047 ± 0,016*

*Note: * marque les pains qui ont une densité significativement différente de celle du pain de blé 100% au seuil de 5%.*

➤ **Pains français**

Pour les pains ordinaires, les densités ont des valeurs qui s'étalent globalement entre 0.387 ± 0.006 et 0.660 ± 0.054 . Ces valeurs de densités croissent avec le taux de substitution. La valeur de référence est celle du pain à 100% blé. On peut remarquer que pour les pains produits avec les farines composites à 10% de substitution issus des farines Far2, Far3, Far4 et Far5, il n'y a pas de différence significative au seuil de 5% avec le pain de blé 100%. En outre, les densités des pains à 20% de substitution issus des farines Far3 et Far4 ne sont pas significativement différentes de celle du pain 100% blé. Ainsi, il est possible pour ces deux farines d'atteindre le taux de substitution de 20% de FMHQ sans qu'il n'y ait de différence significative du point de vu de la densité, ce qui n'est pas le cas pour les autres farines (Far1, 2 et 5).

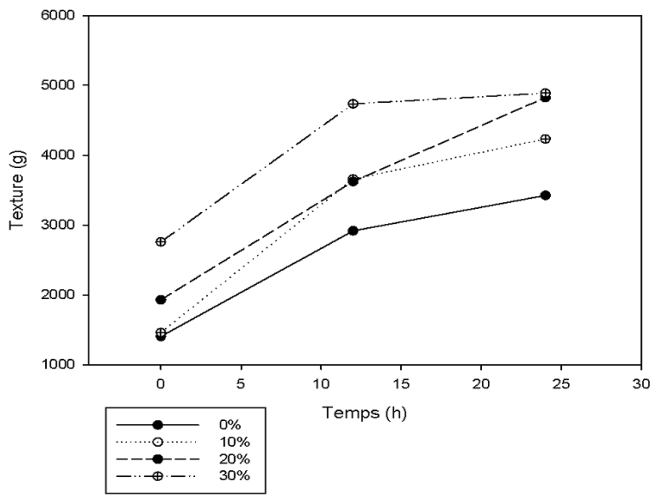
➤ **Pains au lait**

Concernant les pains au lait, les densités s'étalent globalement entre 0.342 ± 0.009 et 1.047 ± 0.016 . De même que pour les pains français, la densité dans ce cas croît avec le taux de substitution. Pour la plupart des farine (en occurrence les farine Far1, Far2, Far3 et Far4), il n'y a pas de différence significative au seuil de 5% avec la densité du pain de blé jusqu'à 20%. On remarque néanmoins que pour les farine Far1 et Far2, la substitution peut se faire jusqu'à 30% sans que la différence ne soit significative au même seuil de sécurité. Les pains faits à base de farines composites issues de la Far5 présentent tous une différence significative avec le pain 100% blé à ce même seuil de sécurité.

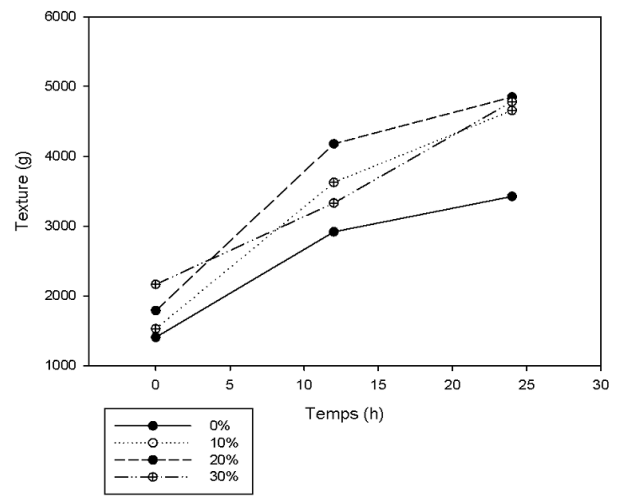
II.3) Profils de vieillissement

Les figures 7 et 8 ci-dessous montrent l'influence du temps de conservation sur la texture des pains composites.

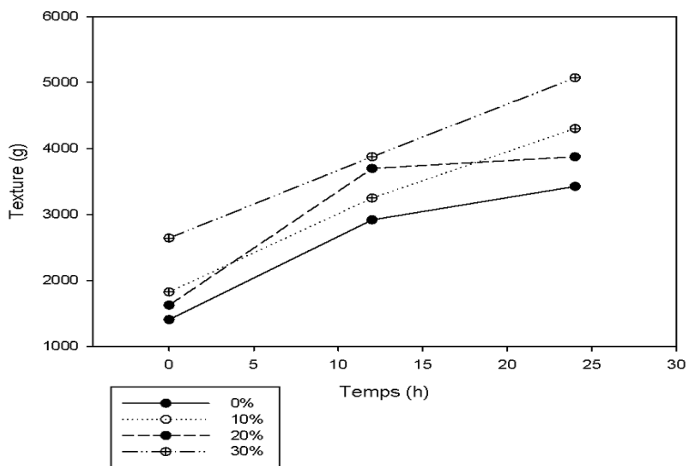
Far.1 pains français



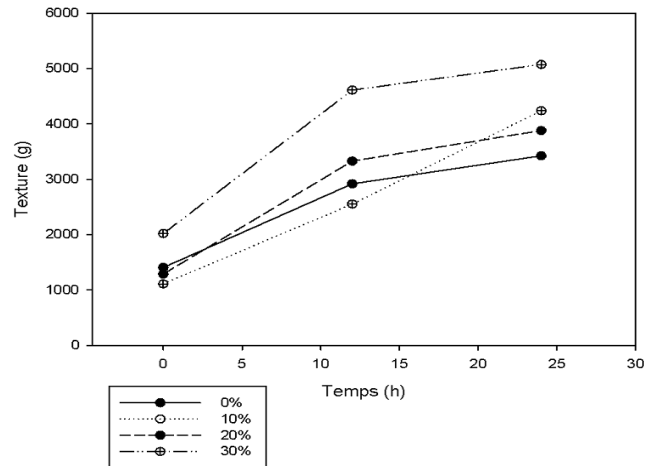
Far.2 pains français



Far.3 pains français



Far.4 pains français



Far.5 pains français

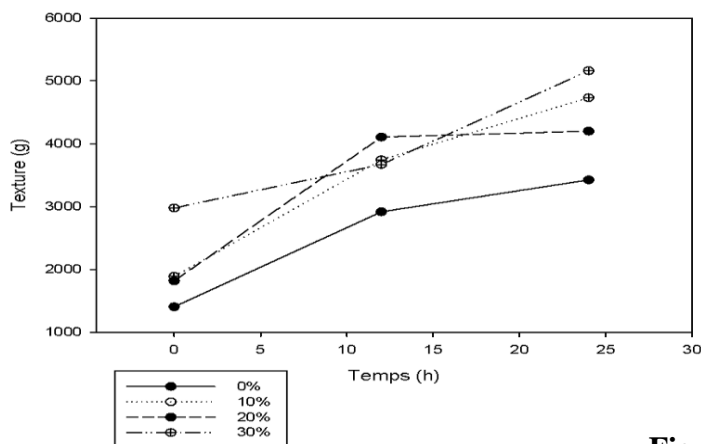


Figure 7: profils de vieillissement des pains français

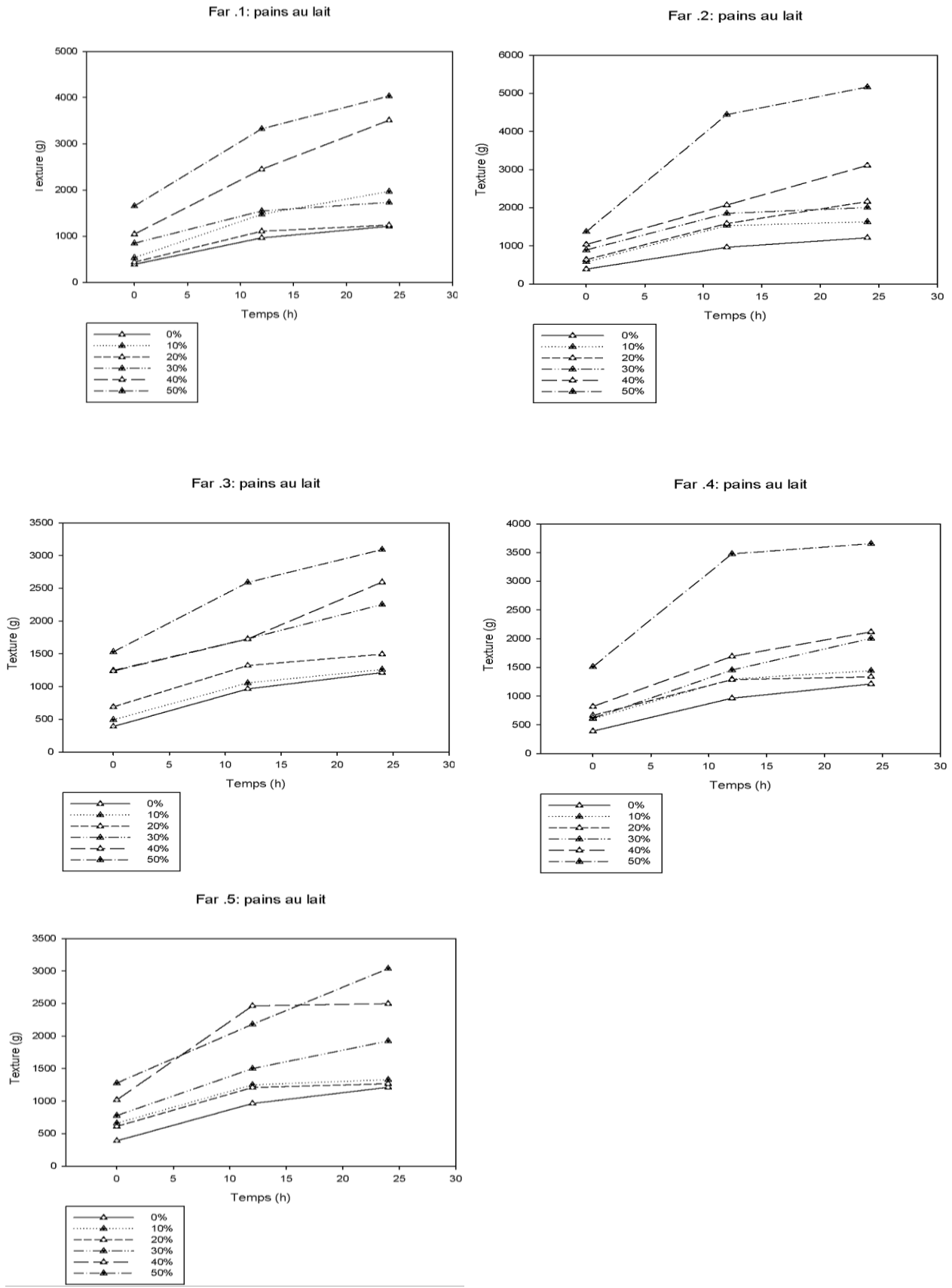


Figure 8: Profils de vieillissement des pains au lait

Pour l'ensemble des pains, on remarque que la fermeté initiale du produit est d'autant plus grande que le taux de substitution est élevé, et augmente avec le temps de conservation car les pains durcissent. Toutefois, la vitesse de rassissement dans les premières heures (12h pour les pains ordinaires et 24h pour les pains au lait) n'est pas la même. En effet, sur les deux périodes de mesure, la vitesse de vieillissement est plus grande sur la première période (ceci se traduit par la pente des courbes sur chaque période). Ce phénomène peut être attribué à la rétrogradation distincte des composantes amylose et amylopectine des amidons. En effet, ces résultats sont en accord avec travaux d'Atwell et *al.* (1988), ceux de Liu (2003), qui montrent bien que l'amylose rétrograde plus rapidement et dans les premières heures, avant que suive l'amylopectine qui rétrograde plus lentement.

- Pains français : Dès la première heure, les pains de taux de substitution de 30% présentent une fermeté très importante par rapport au pain 100% blé, tandis que les pains de taux de substitutions 10 et 20% se rapprochent plus ce dernier.
- Pains au lait : on peut remarquer que généralement, le profil de vieillissement des pains au lait incorporant jusqu'à 30% de FMHQ se rapprochent de celui du pain 100% blé. Au-delà de 30%, le rassissement est plus prononcé.

Cette différence d'évolution de l'état de fermeté pourrait être liée à la structure de la mie, qui à son tour est influencée par le degré de gélatinisation de l'amidon. Cette gélatinisation poussée est étroitement liée à la forte teneur en amylopectine (Liu, 2003). Inagaki et Seib (1992) ont démontré que la gélatinisation poussée de l'amidon est corrélée avec l'état de rassissement du pain. Étant donné que l'amidon de manioc présente une forte gélatinisation comparée à celle de blé (pic de viscosité plus élevé) les pains incorporant une grande quantité de manioc durcissent plus vite.

CONCLUSION PARTIELLE

Il ressort de ce chapitre que Les farines produites par PALOGS se prêtent bien à une application en panification en substitution de la farine de blé. En effet, avec des taux de substitutions pouvant aller jusqu'à 20% pour les pains français et jusqu'à 30% pour les pains au lait, nous sommes parvenus à obtenir des farines composites et des pains ayant des caractéristiques (densité, texture, vieillissement) pas très différentes de celles de la farine et des pains à 100% blé. Ces résultats se rapprochent de ceux de l'IITA, (2005) qui montrent qu'avec des substitutions comprises entre 5 et 25% de FMHQ, on obtient des pains aux caractéristiques acceptables (Ukwuru et Egbonu, 2013). Il serait intéressant d'ajouter des améliorants aux formulations, comme le font couramment les boulangers, afin de voir jusqu'à quel taux de substitution l'on pourrait avoir des caractéristiques acceptables.

CHAPITRE IV :
*Proposition d'un modèle
économique convenable, et
évaluation financière*

Introduction

L'entrepreneuriat dans le contexte des pays dits en voie de développement est une activité bien difficile à appréhender. En effet, ce terme qui désigne l'action de créer de la richesse et/ou de l'emploi par la création ou la reprise d'une entreprise, est difficile et bon nombre de créations d'entreprises se soldent par l'échec. Particulièrement pour ce qui est des milieux ruraux, les petits entrepreneurs, au moment de se lancer, ne sont en général pas assez informés sur l'activité qu'ils exercent. Les notions d'étude de marché et de stratégie sont encore peu prises en considération. PALOGS en particulier s'est lancé dans la transformation du manioc non seulement avec peu d'information sur les contraintes environnementales, socioéconomiques et techniques, comme l'a montré la phase de diagnostic, mais aussi avec une stratégie peu élaborée. Tout cela se solda très vite par la défaillance de son système de production. Toutefois, PALOGS est ambitieuse et déterminée à relever son système, ou mieux, à augmenter son niveau de production. Cet optimisme manifesté est étroitement lié à l'initiative de la Banque Mondiale en collaboration avec le gouvernement Camerounais, sous le Projet d'Investissement et de Développement des Marchés Agricoles (PIDMA). En effet, à travers ce projet, plusieurs entreprises Camerounaises, principalement celles des secteurs brassicole et boulanger (à travers le Syndicat Patronal des Boulangers de Cameroun), se sont engagés à inclure les produits à base de manioc (farine, amidon) comme matière première pour leurs activités. Toutefois, pour une structure telle que PALOGS, s'engager dans cette voie requiert qu'elle revoit entièrement son système de production, et qu'elle établisse un business plan solide, afin de répondre efficacement à ce marché potentiel aussi bien en qualité et en quantité. Dans ce chapitre, il sera question pour nous de fournir à PALOGS les premières informations pour bâtir un bon plan d'affaire. Plus précisément il sera question pour nous de faire des calculs économiques prévisionnels sur une période de cinq (5) ans et ainsi dégager la rentabilité nette de l'activité sur cette période. Nous partirons de l'objectif de production de la structure, soit 1500 tonnes de FMHQ par an, de ses acquis actuels, afin de déterminer ce qu'il faut apporter au système actuel pour atteindre cet objectif.

IV.1) Résumé des principales données du système de production actuel de FMHQ de PALOGS

Le tableau ci-dessous résume les données technico-économiques du système de production de FMHQ de PALOGS. Ce résumé est bien entendu établi sur la base du diagnostic effectué au chapitre 1 ci-dessus.

Tableau 14: Résumé des données technico-économiques du système de production de FMHQ

Matière première	Racine fraîches de manioc
Débit matière première	572,5 kg/jour
Produit fini	Farine de manioc de haute qualité (FMHQ)
Rendement	18,31%
Niveau de production	Semi-industriel
Nombre de jour de fonctionnement	240 jours/ an
Nombre d'heures de fonctionnement	10h
Procédé :	
Intermédiaire	Cossettes ou semoule
Mode de séchage	Solaire ou hybride
Equipements	Tracteur à chariot, presse mécanique, presse hydraulique, séchoir hybride, grattoir électrique, moulin à marteau, balances, brouette, machin à sceller électrique.
Conditionnement	Carton 1kg, sacs 5kg, 7kg, 50kg
Personnels	
Responsable de l'unité	1
Manager	1
Ouvriers	3
Consommation	
Electricité	40 kWh/jour
Gasoil	25 litres/jour
Données économiques	
Production/an	25 168 kg
Prix du kg	500 FCFA
Coûts de production	12 210 600 FCFA
Chiffre d'affaire	12 584 000 FCFA
Seuil de rentabilité	14 100 000 FCFA
Amortissement	681 000 FCFA
Résultat net	-307 600 FCFA

IV.2) Objectifs de production et ventes

L'entreprise PALOGS voudrait augmenter son niveau de production et étendre son marché.

En effet, l'avènement du projet PIDMA suscite auprès des promoteurs des petites entreprises de transformation agricole, et chez ceux de la filière manioc en particulier, un sursaut d'optimisme. Le découragement qui avait fait suite à la défaillance des systèmes de production disparaît peu à peu. Pour PALOGS en particulier, la possibilité d'étendre son marché de FMHQ à des clients potentiel Camerounais se précise. Parmi ses clients potentiels, les boulangeries occupent une place de choix. Etant donné que peu d'entreprises produisent de la FMHQ au Cameroun et vu qu'elle dispose déjà d'équipements pour la production de FMHQ, PALOGS possède une longueur d'avance et veut se prononcer parmi les leaders de la fourniture de FMHQ aussi bien en quantité qu'en qualité et avec constance, au moment opportun.

Pour cette évaluation financière, nous partirons de l'hypothèse d'une transformation quotidienne de 5 tonnes de racines fraîches. Sur la base d'un rendement de 20%, cela correspond à 1 tonne de FMHQ produite par jour. Cela correspond à 240 tonnes de production annuelle.

Pour ce qui est de la vente, le prix unitaire du kilogramme de FMHQ est différent selon le marché. En effet, pour ce qui est du marché actuel, c'est-à-dire le marché nigérian, il est de 500 FCFA tandis que pour le marché potentiel (marché camerounais), il sera fixé à 400 FCFA par le projet PIDMA. Le tableau ci-dessous résume les prévisions de vente sur cinq ans. N'ayant pas effectué d'étude de marché, nous allons supposer que la production destinée au segment nigérian reste la même qu'actuellement, soit 25 168 kg.

Tableau 15: previsions de ventes

Segment	Prix unitaire HT (FCFA)	Année 1		Année 2		Année 3		Année 4		Année 5	
		Quantité (kg)	Valeur (FCFA)	Quantité (kg)	Valeur (FCFA)	Quantité (kg)	Valeur (FCFA)	Quantité (kg)	Valeur (FCFA)	Quantité (kg)	Valeur (FCFA)
Cameroun	400	214 862	85 894 800	214 862	85 894 800	214 862	85 894 800	214 862	85 894 800	214 862	85 894 800
Nigéria	500	25 168	12 584 000	25 168	12 584 000	25 168	12 584 000	25 168	12 584 000	25 168	12 584 000
Total		240	98 498 800	240	98 498 800	240	98 498 800	240	98 498 800	240	98 498 800

Le tableau ci-dessus suppose que :

- La production est constante sur toute l'année avec cinq (5) jours de production par semaine, soit 240 jours de production par an ;
- Vu le flux important de matière, le séchage solaire n'est plus très envisageable. Il est préférable de se tourner vers un mode de séchage plus efficace et dont les contraintes sont facilement maîtrisables.
- Flux de matière première :

La consommation annuelle (Q) de racines de manioc est donnée par

$$Q = \frac{P}{\eta}$$

Avec P = production annuelle, soit 1500 tonnes, η = rendement moyen global de la production, soit 20%

IV.3) Coûts et financement

IV.3.1) Investissement

Lorsque l'on parle d'investissement en règle générale, il s'agit de la valeur des biens durables acquis par une unité de production pour être utilisés pendant au moins un an dans son processus de production. On distingue couramment trois (3) types d'investissement :

- L'investissement de remplacement ou de renouvellement, a pour but de maintenir l'activité à son niveau actuel.
- L'investissement de modernisation ou de productivité, a pour but d'accroître la productivité en introduisant des équipements modernes et perfectionnés.
- L'investissement de capacité ou d'expansion, a pour but d'augmenter la capacité de production de l'entreprise en ajoutant par exemple des unités de production que ce soit d'un produit déjà existant, il s'agit alors d'une expansion quantitative, ou d'un nouveau produit - on parle alors d'expansion qualitative.

Les données du diagnostic montrent que PALOGS a déjà fait un investissement important dans son unité de production de FMHQ, que ce soit en termes d'infrastructure ou d'équipements. Cet investissement est évalué à **46 350 000 FCFA**. Toutefois, l'entreprise souhaite augmenter sa capacité de production. Elle a donc besoin d'un **investissement de capacité ou d'expansion**.

Pour la réalisation de cet investissement, il faudrait d'une part savoir quels sont les points du système de production qui doivent être renforcées pour atteindre les objectifs, et d'autre part la capacité et le prix des équipements supplémentaires.

Pour cela, nous nous servirons une fois de plus des données du diagnostic, en parcourant chaque étape du procédé, et en tenant compte des contraintes.

a) Evaluation des besoins supplémentaires :

- **Besoin en main d'œuvre :**

Dans la configuration actuelle de PALOGS, il faut deux (2) ouvriers pour le traitement de 466 kg de manioc. Pour 5 tonnes, il faudrait donc au minimum **22 ouvriers**.

- **Besoins en eau**

L'eau est principalement utilisée pour le lavage du manioc épluché. En tenant compte du rendement moyen de l'épluchage (73.41%), on obtiendrait environ 3 670.5 kg de manioc épluché à partir de 5 tonnes de racines. Il faudrait **3 303.5 litres d'eau** pour laver cette quantité, soit **environ 3.5m³/j** pour couvrir tous les besoins. L'aménagement d'un forage équipé d'une pompe diesel débitant 5m³/h permettrait de garantir la disponibilité d'une telle quantité d'eau.

- **Besoins en équipements supplémentaire**

- **01 Presse hydraulique** capacité 500 kg/h
- **Camionnette** : capacité de 4t
- **Séchoir** : Selon une étude menée par Agro-PME en 2004, la production de 2 tonnes de farine par jour reste encore compatible avec le séchage au soleil si l'on dispose d'assez d'espace et d'un nombre important de bâches. La plus grande contrainte reste le temps de séchage qui dépend de plusieurs facteurs: la charge, la température de séchage, le mode de convection.
- **01 balance 150 kg ;**
- **01 cossetteuse motorisée**, équipée d'un disque de découpe de cossettes.
- **01 Pompe à eau**
- **02 brouettes**
- **Petit matériels : seaux, fûts, bassines,**
- **Tamis 250µm**

b) Evaluation des amortissements sur investissement

Tableau 16: Matériels et équipements de production (1^{ère} année)

	Durée de vie	Prix unitaire (FCFA)	Quantité	Prix total (FCFA)	Amortissement Annuel (FCFA)
Matériel de fabrication et équipements					
Infrastructures	20 ans	28 500 000	-	28 500 000	1 425 000
Séchoir hybride	10 ans	9 000 000	1	9 000 000	900 000
Tracteur à chariot	10 ans	6 500 000	1	6 500 000	650 000
Forage	10 ans	1 200 000	1	1 200 000	120 000
Râpe à manioc électrique	10 ans	3 500 000	1	3 500 000	350 000
Moulin à marteau	10 ans	6 000 000	1	1 200 000	120 000
Tamis	5 ans	150 000	1	150 000	300 000
Petits matériels	5 ans	1 500 000	-	1 500 000	300 000
Presses mécaniques	5 ans	200 000	2	400 000	80 000
Presse hydraulique	10 ans	850 000	1	850 000	85 000
Balances	10 ans	250 000	2	500 000	50 000
Accessoires électriques	10 ans	300 000		300 000	30 000
Matériels informatique	5 ans	100 000	2	200 000	40 000
Total	-	-	-	53 800 000	4 430 000

Note : la production de FMHQ dans cette configuration est supposée représenter 70% du chiffre d'affaire de PALOGS. Donc les amortissements en tiendront compte. Ainsi, les dotations aux amortissements s'évaluent ainsi à 3 080 000 FCFA annuellement.

L'investissement de capacité à apporter pour la première année est donc de

53 800 000 - 46 350 000 = 10 450 000 FCFA.

III.2) Le personnel

Le niveau de production visé impose une main d'œuvre nombreuse et formée. Ainsi, il est préconisé :

- Un **administrateur** chargé de diriger la production
- Un **électrotechnicien**, chargé des opérations de maintenance.
- **01 opérateur machines** chargés de la
- **22 ouvriers**
- **Une secrétaire de direction**
- **Un vigile**

IV.3.2) Structure des coûts pour la production d'une tonne de FMHQ (coûts directs)

Tableau 17: structure des coûts directs de production

Libellé	Prix unitaire (FCFA)	Unité	1 kg de FMHQ	
				1000 kg de FMHQ/jour
			Quantité	Valeur (FCFA)
Matières premières				
Racines fraîches de manioc	35	kg	5 000	175 000
Transport manioc	1.6	kg	5 000	8 000
Emballage	400		20	8 000
Electricité	100	kWh	150	15 000
Gasoil	600	Litres	85	50 000
Transport produit fini				10 000
Perte (2%)				8 200
Total coûts directs				274 200
Coûts unitaires (FCFA/kg)				275
Prix de vente HT (par kg)	Cameroun	400	1	400
	Nigéria	500	1	500
Marge sur prix de vente	Cameroun			125
	Nigéria			225
Taux de marge sur prix de vente	Cameroun			0,3125
	Nigéria			0,45

➤ Coûts et marges brutes par an

Tableau 18: Coûts de marges brutes annuels

Segments	Quantité (tonnes)	Taux de marge brute	Marge brute (FCFA)	Coûts directs de production (FCFA)
Cameroun	214.862	0.3125	26 857 750	59 087 050
Nigéria	25.168	0.45	5 662 800	6 921 200
Totaux annuels	240	-	32 520 550	66 008 250

*Note : coût direct de production = quantité (kg)*coût unitaire ;*

*Marge brute = (quantité (kg)*marge brute unitaire sur prix de vente)*taux de marge brute*

➤ **Frais de personnels**

Tableau 19: Frais de personnels

Poste	fonction	Salaire mensuel	nombre	Salaire année 1	Salaire année 2	Salaire année 3	Salaire année 4	Salaire année 5
Administrateur	Gestion de la production et du personnel	250 000	1	3 000 000	3 000 000	3 000 000	3 000 000	3 000 000
Electrotechnicien	maintenance	100 000	1	1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000
Opérateur machine	Effectue toutes les opérations sur cossetteuse, séchoir, balance	50 000	1	600 000	600 000	600 000	600 000	600 000
ouvriers	Ouvriers de production	50 000	22	13 200 000	13 200 000	13 200 000	13 200 000	13 200 000
Secrétaire de direction	Rédaction des rapports, tenue des enregistrements	50 000	1	600 000	600 000	600 000	600 000	600 000
vigile	Gardiennage, entretien des locaux	50 000	1	600 000	600 000	600 000	600 000	600 000
Chauffeur	Transport, collecte	60 000	1	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000
Masse salariale		19 920 000	28	19 920 000	19 920 000	19 920 000	19 920 000	19 920 000

IV.3) Les frais généraux (charges fixes)

Les frais généraux couvrent les coûts fixes nécessaires au fonctionnement courant de la structure.

Tableau 20: charges fixes

Libellé	Montant par mois (FCFA)	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Electricité	Voir coûts directs	-	-	-	-	-
Carburant	Voir coûts directs	-	-	-	-	-
Maintenance outils de production	20 000	240 000	240 000	240 000	240 000	240 000
Fourniture de bureau	5 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Petit outillage	10 000	120 000	120 000	120 000	120 000	120 000
Frais de communication	20 000	240 000	240 000	240 000	240 000	240 000
Autres frais	5 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Total	-	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000

IV.4. Analyse de la rentabilité

IV.4.1) Compte de résultat prévisionnel

Tableau 21: compte de résultat prévisionnel sur 5 ans

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Chiffre d'affaire HT	98 498 800	98 498 800	98 498 800	98 498 800	98 498 800
Coûts directs de production	66 008 250	66 008 250	66 008 250	66 008 250	66 008 250
Frais généraux	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000
Valeur ajoutée	31 770 550	31 770 550	31 770 550	31 770 550	31 770 550
Achat de matériel	10 450 000				
Charges de personnels	19 920 000	19 920 000	19 920 000	19 920 000	19 920 000
EBE	1 400 550	11 850 550	11 850 550	11 850 550	11 850 550
Charges financières					
Dotations aux amortissements	3 080 000	3 080 000	3 080 000	3 080 000	3 080 000
Résultat d'exploitation	-1 679 450	8 770 550	8 770 550	8 770 550	8 770 550
Impôts sur les sociétés	1 734 530	1 734 530	1 734 530	1 734 530	1 734 530
Résultat net	-3 413 980	7 036 020	7 036 020	7 036 020	7 036 020
Cash-flow net	-333 980	10 116 020	10 116 020	10 116 020	10 116 020

Note : Valeur Ajouté = Chiffre d'affaire – Coûts directs de production – Frais généraux

EBE = Valeur Ajoutée – charge de personnels-Achats divers

Résultat d'exploitation = EBE – Dotation aux amortissements

Impôts sur les sociétés = (38.5% du résultat d'exploitation)*50%

Cash-flow = Résultat net + Dotation aux amortissements

Sur les cinq années d'investissement, le bénéfice net est donc de **24 730 100 FCFA**

Le Cash-flow net global généré sur 5 année d'investissement est donc de **40 130 100 FCFA**.

IV.4.2) Evaluation du seuil de rentabilité

Tableau 22: Evaluation du seuil de rentabilité sur cinq ans

Libelles	Année1		Année2		Année3		Année4
	Montant	Taux	Montant	Taux	Montant	Taux	Mo
Chiffre d'affaire	98 498 800	100%	98 498 800	100%	98 498 800	100%	98
Charges variables	66 008 250	67.01%	66 008 250	67.01%	66 008 250	67.01%	66
Charges fixes	35 904 530	36.45%	25 454 530	25.84%	25 454 530	25.84%	25
Seuil de rentabilité	108 867 580		77 181 700		77 181 700		

IV.4.3) Calcul de la Valeur actuelle nette (VAN)

La **valeur actuelle nette** est un flux de trésorerie actualisé représentant l'enrichissement supplémentaire d'un investissement par rapport au minimum exigé par les apporteurs de capitaux. Elle mesure, à partir d'informations comptables, si l'investissement peut réaliser les objectifs attendus des apporteurs de capitaux. Elle est donnée par la formule :

$$VAN = -I_T + \sum_{k=1}^n CF_k(1+i)^{-k}$$

Avec : CF_k = Cash-flow sur la période k, I_T = investissement de départ (ici égal à l'investissement de capacité ; i = taux d'actualisation imposé.

Au Cameroun, le taux d'actualisation généralement imposé par les banques est de 15%, donc nous prendrons $i = 0.15$.

Sur la base des données ci-dessus, nous avons une **VAN = 25 546 245 FCFA**.

IV.5. Résumé et commentaires sur les indicateurs de rentabilité financière du projet

L'investissement du projet s'élève à **53 800 000 FCFA**, pour une production annuelle de 240t de FMHQ par an. Ce qui est supposé générer un chiffre d'affaire de **98 498 800 FCFA**. La première année le résultat net est négatif à cause de l'investissement de capacité.

La production ainsi configurée génère des profits dès la deuxième année, évalués à **7,036 millions FCFA** en profit net, soit **24 730 100 FCFA pour les cinq premières années**. De même, le Cash-flow net annuel est de 10 116 020 FCFA à partir de la deuxième année, et reste ainsi constant sur le reste de la période considérée. Globalement, le cash-flow global sur les cinq années est de **40 130 100 FCFA sur les cinq années considérées**.

Les achats consommés représentent les coûts directs de production (manioc tubercule, emballage, énergie etc.). Le montant total est de **66 millions FCFA** par an, cette dépense correspond aux coûts variables, soit 67,07% du chiffre d'affaires.

Les coûts fixes comprennent : les salaires, les frais généraux de gestion, les amortissements et les frais financiers ; le montant total en année1 s'élève à **35,9 millions FCFA**, soit 36.45% du chiffre d'affaires.

Le seuil de rentabilité à partir de l'année 2 est de **77, 181 millions FCFA**, avec le niveau d'activité planifié, il faudrait environ 9,4 mois de vente pour l'atteindre, soit environ 4 mois et 8 jours.

Ce modèle économique présente néanmoins des divergences avec les prévisions du projet PIDMA qui, pour une unité de 10t/jour, estime le chiffre d'affaire à 323 700 000 FCFA, soit 161 850 000 FCFA (en théorie) si la production est ramenée à 5t/j. ce qui correspondrait, dans cette hypothèse, à un surplus de 64,31% du chiffre d'affaire prévu dans notre model.

Ces divergences sont principalement liées :

- **Au prix d'achat du manioc, estimé à 50 FCFA/kg par le PIDMA, alors que PALOGS se procure son manioc à 35 FCFA/kg.**
- **Le nombre d'heures de fonctionnement de l'unité par jour, estimé à 16h par le PIDMA or à PALOGS il est d'environ 10h. Les contraintes du milieu rural, en particulier la prédominance féminine de la masse ouvrière, ainsi que les intempéries liées à l'électricité et à la météorologie, limitent en effet le temps de fonctionnement de cette unité, ce qui pourrait avoir un impact négatif significatif sur la productivité.**

- De plus le PIDMA table sur un rendement de 20 à 25% en production, or nos prévisions (au vu des données prélevées sur terrain) tablent sur un rendement de 20%.

CONCLUSION GENERALE

Parvenu au terme de ce travail qui portait sur l'étude d'un système de production de farine de manioc de haute qualité, il convient de rappeler que l'objectif général était de proposer des solutions d'amélioration du système de production de PALOGS. Pour mener à bien cette tâche, il a été question :

- Tout d'abord diagnostiqué ce système de production afin de ressortir les contraintes auxquelles il fait face, puis évalué la qualité physicochimique des farines. Ce travail nous révèle que l'entreprise fait face entre autres à des problèmes d'approvisionnement en manioc (en quantité et variété), d'accès au marché à cause des contraintes normatives et de non maîtrise de son système de production. Par ailleurs, plusieurs paramètres physicochimiques de ses FMHQ ne satisfont pas aux critères de qualité, en occurrence les teneurs en cyanure et en cendres ainsi que la granulométrie de ses farines. Cet aspect en particulier constitue un problème majeur suffisant pour lui bloquer l'accès au marché comme c'est déjà le cas avec les acheteurs nigériens.
- Par la suite, une application des FMHQ en panification (pains français et pains au lait) a été effectuée et la quelques paramètres de qualité physicochimique des pains ont été évalués. Cette partie a révélé que les farines produites par PALOGS pouvaient néanmoins se prêter à la substitution au blé en panification avec globalement 10% de substitution pour les pains français, et 30% pour les pains au lait. Cet aspect par ailleurs est un atout pour l'entreprise car elle possède désormais quelques données pour séduire de nouveaux marchés, en particulier les boulangeries camerounaises.
- Enfin, nous avons proposé sur la base des acquis et de la configuration actuelle du système, un modèle économique rentable. Ainsi selon ce modèle, avec un investissement de capacité supplémentaire de 10 450 000 FCFA portant l'investissement total à 53 800 000 FCFA, et pour une capacité de transformation de 5t de manioc par jour, PALOGS pourrait obtenir un chiffre d'affaire hors taxes de **98 498 800 FCFA**, avec un résultat net de **7,036 millions FCFA** en profit net, soit **24 730 100 FCFA pour les cinq premières années**. De même, le Cash-flow net annuel serait de 10 116 020 FCFA à partir de la deuxième année, et reste ainsi constant sur le reste de la période considérée. Globalement, le cash-flow sur les cinq années est de **40 130 100 FCFA**. Le modèle ainsi proposé aurait une valeur actuelle nette de **25 546 245 FCFA sur cinq (5) ans** pour un taux d'actualisation de 15% : il est donc viable.

QUELQUES RECOMMANDATIONS

Nous recommandons à PALOGS de :

- Revoir le dimensionnement et améliorer son unité de production afin d'en exploiter tout le potentiel ; en particulier son séchoir.
- D'inclure dans sa politique des programmes de formation de son personnel aux bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication, afin de parvenir à une meilleure maîtrise de la qualité de la FMHQ et à de meilleurs rendements;

PERSPECTIVES

Comme perspectives à ce travail, nous préconisons :

- Une évaluation de la qualité microbiologique des FMHQ, ainsi que de certains paramètres physicochimiques tels que le pH, et la teneur en fibres brutes, afin de compléter les données sur la qualité des farines ;
- Une évaluation des propriétés technofonctionnelles des farines composites manioc/blé tels que la force de la pâte (alvéographe de chopin), les caractéristiques farinographiques, l'indice de chute de Hagberg qui renseigne sur l'activité α -amylasique de la farine ainsi que la capacité d'absorption d'eau, etc.
- Une Evaluation sensorielle des pains composé manioc/blé afin de d'évaluer les caractéristiques organoleptiques des pains manioc/blé ainsi que leur acceptabilité, question d'appuyer les résultats physicochimiques ci-dessus.
- Des essais d'application de la FMHQ dans la fabrication d'autres produits de pâtisseries, afin d'en évaluer les possibilités d'extension de la gamme d'utilisation en boulangerie-pâtisserie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) AACC (1981), Method 44–15A;
- 2) AACC (1982), Method 56–81B;
- 3) AACC (1983), Method 54–30;
- 4) AACC (1983), Method 22–10;
- 5) AACC (1983), Method 56–60;
- 6) AACC (1984), Method 54–21;
- 7) AACC (1987), Method 74–09;
- 8) Agristat No16;
- 9) Agristat No17 ;
- 10) Bourdoux, Mafuta, A. Hanson and A.M. ERMANS (1980), Cassava toxicity : the role of linamarin Ottawa Ont. IDRC.
- 11) Brooker B.E. (1996), The role of fat in the stabilisation of gas cells in bread dough. *Cereal Science*. 24(3): 187-198.
- 12) Busson, F. (1965), Plantes alimentaires de l'Ouest Africain. Etude botanique, biologique et chimique. (Food plants of West Africa. A botanical, biological and chemical study.) M. Leconte, Marseille. 568 p.
- 13) Calvel R. (1984), La boulangerie moderne. 10ème édition. Eyrolle. Paris. 436p.
- 14) Cassava Master Plan, Nigeria, (2006); a strategic action plan for the development of the Nigerian cassava industry; prepared within the framework of the Nigeria country service framework and in cooperation with the presidential initiative on cassava.
- 15) Charreau A., Cavaillé R. et Vachet F., Séchage : Appareillage et choix d'un procédé, *Techniques de l'Ingénieur - J 2 482*.
- 16) CEMAC (2008) - Initiative régionale pour la production et la commercialisation du manioc (IRPCM), Etude sur les potentialités de commercialisation des produits dérivés du manioc sur les marchés CEMAC.
- 17) Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) (2008), Fabrication d'une farine de manioc de haute qualité - Collection Guides pratiques du CTA, No5.
- 18) Tarriere D. (1996), Le manioc au Cameroun, une filière vivrière autorégulée.
- 19) Chevallier S., Della Valle G., Collona P., Broyart B., Trystrang. (2002), Structural and chemical modifications of short dough during baking. *Journal of Cereal Science*. 35: 1-10.
- 20) Codex Alimentarius (1995), Norme du codex pour la farine comestible de manioc. CODEX STAN 193-1995.

- 21) Colas A. (1998), Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations. In : Les industries de première transformation des céréales. GODON B., WILLM C. Tec et Doc, Lavoisier, Paris. 579-589.
- 22) Colonna, P. and Mercier, C (1985), Gelatinization and melting of maize and pea starches with normal and high-amylose genotypes. *Phytochemistry* 24, 1667–1674.
- 23) Cooke R.D. (1979), Enzymatic assay for determining the cyanide content of cassava and cassava products. 'Cassava information Center, Centro International de Agricultura Tropical, Cali., Colombia, 1979,05 EC,6-15.
- 24) CORAF/WECARD (2001), Programme Cultures Vivrières Initiative Globale de Réponse à la Sécurité Alimentaire - Transformation du Manioc en Gari et en Farine Panifiable de Haute Qualité en Afrique de l'Ouest.
- 25) Coursey D.G., (1983) Cassava as food: toxicity and technology: chronic cassava toxicity. Press. Interdisciplinary workshop.
- 26) Darde O. (2001), Influences de la quantité, de la masse moléculaire et de la conformation des macropolymères gluténiques sur la qualité technologique des farines panifiables de blé tendre (*Triticum aestivum*). Thèse de doctorat, institut nationale polytechnique de Toulouse, France, 172 p.
- 27) Donovan, J.W. (1979), Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers* 18, 263–275.
- 28) IRAD/DONATA CAMEROUN - POINT FOCAL (2013), Dépliant ;
- 29) Dixon et al (2010), Improved cassava variety_(IITA), p.III, IV
- 30) Dzedzoave, N. T., Abass, A. B., Amoa-Awua, W. K., Sablah, M., Adegoke, G. O. (Ed.), & Brimer, L. (Ed.) (2006), Quality management manual for production of high quality cassava flour. Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture (IITA).
- 31) Delange F.; Iteke F.B. And Ermans A.M. (1982), Nutritional factors involved in the goitrogenic action of Cassava. OTTAWA, out, IDRC. 100 p.
- 32) DUBOIS M. (1994), Le contrôle qualité. In : la panification française. GUINET R., GODON B. Tec. et Doc. Lavoisier. Paris. 506-522.
- 33) EAST AFRICAN STANDARD (2012), High quality cassava flour Specification - ANNEXE IV (j).
- 34) Eliasson A.C., Gudmundsson M., Severson G. (1995) Thermal behaviour of wheat starch in flour- revelation to flour quality. In : Le grain de blé : composition et utilisation. FEILLET P. INRA. Paris. 308p.

- 35) Essono G., M. Ayodele, A. Akoa, J. Foko, J. Gockowski and S. Olembo (2008), Cassava production and processing characteristics in southern Cameroon: An analysis of factors causing variations in practices between farmers using Principal Component Analysis (PCA) - African Journal of Agricultural Research Vol. 3 (1), pp. 049-059.
- 36) Evans, I.D. and Haisman, D.R. (1982), The effect of solutes on the gelatinization temperature range of potato starch. *Starch* 34, 224–231.
- 37) FAOSTAT, 2003.
- 38) FAOSTAT, 2005.
- 39) FAOSTAT, 2012.
- 40) Favier, J. C. (1977), Valeur alimentaire de deux aliments de base africains : le manioc et le sorgho. Paris : ORSTOM.
- 41) FAO and IFAD, (2004), Cassava for livestock feed in Sub-Saharan Africa; The global cassava development strategy.
- 42) Feillet P., Guinet R., Morel M.H., Rouau X. (1994), La pâte : formation et développement. In : la panification française. GUINET R., GODON B. Tec. et Doc. Lavoisier. Paris. 226-276.
- 43) Feillet P. (2000), Le grain de blé : composition et utilisation. INR. Paris. 303p.
- 44) Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles (FIRCA) - Répertoire de procédés et de technologies de conservation et de transformation du manioc – Côte d’Ivoire.
- 45) Grandvoininet P., Pratz B. (1994), Farines et mixes. In : la panification française. GUINET R., GODON B. Tec. et Doc. Lavoisier. Paris. 100-130.
- 46) Hosel, W. (1981), The enzymatic hydrolysis of cyanogenic glucosides. In B. Vennessland, E. E. Conn, C. J. Knowles, J. Westley, & F. Wissing (Eds.), *Cyanide in biology* (pp. 217-232). London: Academic Press.
- 47) IFAD (2008), Etude de marché des produits ethniques dérivés du Manioc dans 3 pays de l’U.E.
- 48) IITA (2005), Pre-emptive management of the virulent cassava mosaic disease in Nigeria. Annual report, July 2003-June, 2004. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
- 49) Jackson, M. L. (1967), *Soil Chemical Analysis*, Asia Publishing House, New Delhi, India, p. 337.
- 50) Guthrie J. (1992), Contrôler la mosaïque africaine du manioc – Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA).

- 51) Mananga L. F. (2012), Analyse de la qualité par le système HACCP des cossettes de manioc produites à Kisantu au sein de la fondation LZB, Université pédagogique nationale, disponible sur http://www.memoireonline.com/01/13/6751/m_Analyse-de-la-qualite-par-le-systeme-HACCP-des-cossettes-de-manioc-produites--Kisantu-au-sein-de.html.
- 52) MINCOM/ MINADER/MINRESI/MINEPLAT (2010), Stratégie de développement de la filière manioc au Cameroun.
- 53) MINADER/FAO – Projet d’Investissement et de Développement des Marché Agricoles (PIDMA) (2014), Etude complémentaire sur les semences, la mécanisation agricole et la transformation du maïs et du manioc dans le cadre de la conception et de l’appuis à la pré-évaluation du projet,– Annexes 3.1.2.3.
- 54) Moller, B.L. and Seigler, D.S. (1999), Biosynthesis of cyanogenic glycosides, cyanolipids and related compounds. In B.K. Singh (Ed.), Plant amino acids biochemistry and biotechnology (pp. 563-609) Marcel Dekker.
- 55) Muchnick J., Vinck D. (1984), La transformation du manioc : technologies autochtones, Presses Universitaires de France.
- 56) Maziya-Dixon, B., Adebowale, A. A., Onabanjo, O. O. & Dixon, A. G. O. (2005), Effect of variety and drying methods on physico-chemical properties of high quality cassava flour from yellow cassava roots. African Crop Science Conference Proceedings, Vol. 7. pp. 635-641. African Crop Science Society. Uganda. 7 p.
- 57) NEPAD (2004), NEPAD targets cassava as Africa’s top fighter against poverty. NEPAD Dialogue : Focus on Africa. Number 36, 27 February 2004.
- 58) Nweke, S.I., Spencer, D.S.C. & Lynam, J.K. (2002), The cassava transformation - Africa best-kept secret. Michigan State University Press. East Lansing U.S.A. 273 p.
- 59) Onwueme, I.C. (1978), The Tropical Tuber Crops. Chichester, United Kingdom, 234 pages.
- 60) Onwueme, I. C. et Sinha T.D. (1991), Field Crop Production in Tropical Africa. CTA, Ede, The Netherlands, 480p.
- 61) Purselove J. W. (1987), Tropical crops. Dicotyledons. Harlow, United Kingdom 607p.
- 62) RASOANANTOANDRO-GOTHARD M.C. (1996), Etude post-récolte des variétés de manioc mises en collection au CRPR de BOUKOKO. Rapport technique, ICRA, RCA.
- 63) Rukiya R., (1988), Détermination quantitative du cyanure dans le manioc (variétés F100, 02864, 30085/28, 30344/6 Mpelolongi). Inédit. Mémoire. Faculté des sciences, Université de Kinshasa.

- 64) Sanni L.O., O. O. Onadipe, P. Ilona, M.D. Mussagy, A. Abass, and A.G.O. Dixon (2009), Successes and challenges of cassava enterprises in West Africa: a case study of Nigeria, Benin, and Sierra Leone – IITA.
- 65) Slade, L. and Levine, H. (1987), Recent advances in starch retrogradation, In: Industrial Polysaccharides. Eds. S.S. Stilva, V. Crescenzi, and I.C.M. Dea. Gordon and Breach Sci., New York, pp. 387–430.
- 66) Tom AGBOR EGBE, Alain BRAUMAN, Dany GRIFFON, Serge TRECHE (1995), transformation Alimentaire du manioc, ORSTOM Editions, Collection COLLOQUES et SÉMINAIRES, pages 8 et 9.
- 67) Ukwuru MU and Egbonu SE (2013), Recent development in cassava-based products research, Academia Journal of Food Research 1(1): 001-013, February 2013 disponible à <http://www.academiapublishing.org/ajfr> ISSN: 2315-7763
- 68) USAID/CORAF/SONGHAI (2010), Manuel de formation (draft) transformation du manioc en gari et farine panifiable de haute qualité en affriquée de l'ouest.
- 69) Ukwuru MU and Egbonu SE (2013), Recent development in cassava-based products research - Academia Journal of Food Research 1(1): 001-013.
- 70) ZOUMENOU V. (1994), Etude physico-chimique et nutritionnelle de quelques préparations alimentaires à base de manioc, (*Manihot esculenta*, CRANTZ), Thèse, Université nationale de Côte d'Ivoire, Faculté des sciences et techniques, p. 33-70.
- 71) William J. (1959). Manioc In Africa. Stanford University.
- 72) World Health Organisation (1993), Cyanogenic glycosides. In: Toxicological evaluation of certain food additives and naturally occurring toxicants. Geneva, World Health Organization, 39th Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO Food Additives Series 30). Available at <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je18.htm>.

ANNEXES

Annexe 1: Mies des pains français



De la gauche vers la droite et du haut vers le bas : 0%, 10%, 20% 30%

Annexe 2: Mies des pains au lait



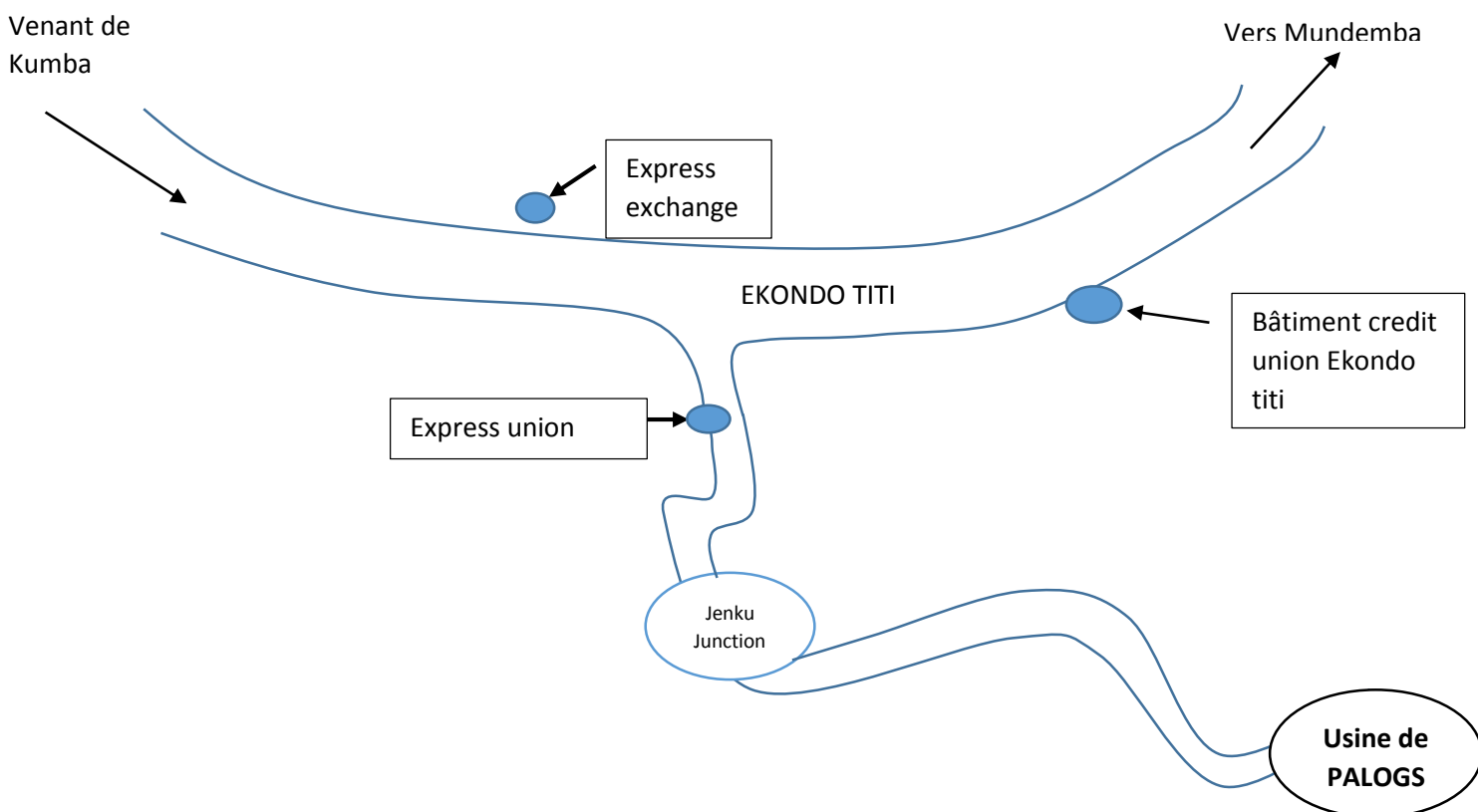
Du haut en bas et de la gauche vers la droite : 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, et 50% manioc/blé

PALOGS (Pepper/Plantains/Pineapple, Apiculture/Avocodos, Limes/Lemons, Oranges, Grape fruits/Guava/Gari, Snails) est un Groupement d'Initiative Commune (GIC) fondée en 2001 et enregistrée en 2003 par Monsieur NJILE George MBANDA. Son siège social est à Ekondo titi, petite ville agricole de la région du Sud-Ouest, dans le département du Dian et située à environ 15Km de la ville de Kumba.

Tableau : Fiche signalétique de PALOGS

Fiche signalétique de PALOGS	
Nom de l'entreprise	PALOGS CIG
Date de création	20 Juin 2001
Raison sociale	
Statut juridique	Groupement d'Initiative Commune (GIC)
Adresse	Ekondo-Titi, Sud-Ouest, Cameroun
Tel	77 34 63 68
Investissement	98 000 000 FCFA
Secteur d'activité	Agroalimentaire
Promoteur	NJILE George MBANDA

Plan de localisation



Annexe 4: Profil de viscosité d'une farine

