

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE

INSTITUT SUPERIEUR D'ETUDES AGRONOMIQUES DE MVUAZI



ISEA-MVUAZI

COURS DE TRANSFORMATION DES PRODUITS AGRIQUES

Par : Ir NSUANDA MAYANGA GUELORD

Assistant de Recherche

PROVINCE DU KONGO CENTRAL

Tél : +243 998291074

E-mail : g.nsuanda@gmail.com

Année Académique : 2024-2025

CONTENU DU COURS

Il s'agit d'initier les étudiants à l'économie agro-alimentaire en envisageant successivement les secteurs concernés à savoir :

- 1 l'agriculture professionnelle ;
- 2 les industries agricoles et alimentaires ;
- 3 la distribution et la consommation.

OBJECTIFS DU COURS

L'objectif du cours est d'analyser sur le plan économique l'ensemble des activités qui concourent à la fonction agro-alimentaire dans une société donnée. A l'issue du cours, l'étudiant doit être capable de :

- ✓ Analyser les activités économiques qui participent à la fonction agro-alimentaire ;
- ✓ Comprendre les enjeux des politiques agro-alimentaires ;
- ✓ Evaluer l'impact de la valeur ajoutée des produits transformés au sein de la filière agricole ;
- ✓ Etablir un état des lieux des actions d'une unité de transformation et en évaluer l'efficacité opérationnelle ;
- ✓ Analyser les aspects socio-économiques et environnementaux d'un projet de transformation et leur impact sur la société et l'environnement.

INTRODUCTION

Transformation des produits agricoles constitue un des enjeux primordiaux dans les pays en voie de développement où la production est concentrée sur des périodes de récolte courte.

Par ailleurs une question se pose ; pourquoi se préoccuper des aspects post récolte ?

Il s'agit évidemment de :

Valoriser les excédents de production, augmenter et sécuriser les revenus des producteurs, favoriser les activités génératrices de revenus et augmenter la production en générale.

En effet, les quantités énormes de production tant agricoles (céréales, légumes, fruits...) que d'élevage (la viande, le lait,...), subissent des altérations diverses suite au manque de technologies appropriées de conservation et de transformation, faibles moyens financiers,...ceci conduit aux pénuries alimentaires dans certaines périodes de l'année, la non valorisation des produits de récolte, ce qui affectent sérieusement même l'économie des ménages dans les pays en développement.

C'est dans ce cadre que le cours de transformation des produits agricoles a été préparé à l'USEA Mvuazi en faveur des étudiants de L3 Agronomie générale, mais aussi en pour tous les encadreurs de base (paysans animateurs), qui visent la transmission des connaissances pratique sur :

- Les stratégies d'augmentation de la production agricole ;
- Techniques et principes de base de conservation des produits agricoles et d'élevage ;
- Procédés de transformation des principaux produits tropicaux ;
- Technologies artisanales de conservation à froid/ chambre froide à charbons, ainsi que
- La matrice d'interrelation du système d'exploitation agricole et les aspects post-récolte.

CHAP. I. STRATEGIES D'AUGMENTATION DE LA PRODUCTION AGRICOLE

1.1. Qu'est-ce qu'une agriculture professionnelle ?

L'agriculture professionnelle se repose sur Six piliers à savoir :

- La rentabilité des cultures
- Production orientée vers le marché
- La conservation et la transformation des cultures sans détériorer leur qualité.
- Techniques agricoles modernes
- Utilisation des intrants agricoles
- La protection de l'environnement.

L'agriculture professionnelle a donc pour finalité, l'augmentation de la **production agricole** en quantité et en qualité. La chaîne est complétée par les activités de transformation pour améliorer sa qualité et la rendre plus conservable.

1.2. Guides de choix pour une agriculture professionnelle

1.2.1. Cultures rentables et marketables

Le tableau ci-contre nous montre les investissements par hectare, la valeur de production et les marges brutes pour chaque filière pratiquée.

Filières	Investissement agricole (Francs Congolais)	Production vendue (Francs Congolais)	Marge brute (Francs Congolais)	Taux de marge
Patate douce	40.000	51.000	11.000	27,5%
Légumes (carottes)	50.000	80.000	30.000	60%
Maïs	43.000	63.000	20.000	46%

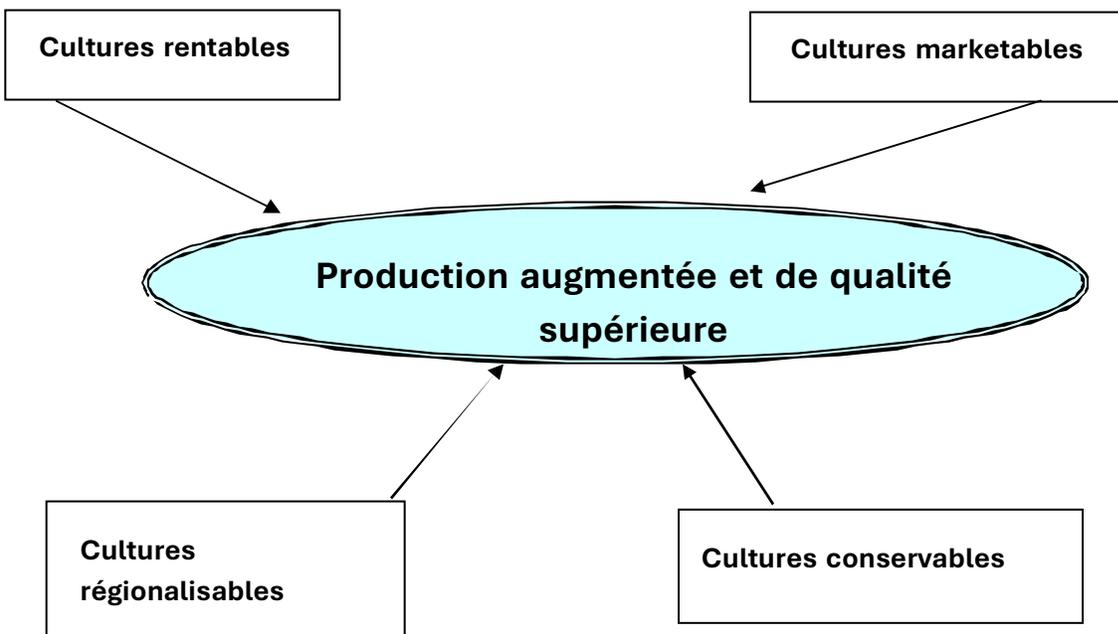
D'après les résultats de ce tableau, sur une même superficie (1ha), les carottes offrent une plus-value plus importante par rapport aux autres cultures choisies et les carottes sont plus précoces que les deux autres cultures. De même, les carottes sont plus faciles à écouler, car ils ont un marché sûr et étendu.

1.2.2. Cultures conservables

Les durées de conservation diffèrent d'une culture à l'autre. La conservation offre les avantages :

- D'adapter les produits aux conditions du marché,
- Lutter contre la dégradation momentanée du produit sous l'action des conditions climatiques.
- Augmenter les qualités nutritionnelles et micro biologiques du produit
- Protéger le produit contre les insectes nuisibles et ravageurs.

1.3. Schéma-guide vers une agriculture professionnelle



Chap.II . TECHNIQUES ET PRINCIPES DE BASE DE TRANSFORMATION DES PRODUITS
AGRICOLES

2.1. Définition :

Lorsqu'on parle de la transformation on comprend la modification du produit, en visant soit l'augmentation de la durée de conservation, augmentation du produit (diversifier le produit en d'autres produits et en sous-produits), soit l'augmentation des qualités culinaires et gustatives mais sans altérer la nature du produit en question.

2.2. Choix de la technologie de transformation

Le choix de la technologie dépend de :

- ⇒ Objectif de la transformation
- ⇒ Le niveau de la transformation
- ⇒ Moyens financiers

Décision :

- ⇒ Chercher une technologie simple
- ⇒ Chercher une technologie à votre portée
- ⇒ Qualité du produit et des sous produits
- ⇒ Finaliser l'étude de faisabilité technique,
- ⇒ Financière et étude de marché

Technologies :

- ⇒ Technologies traditionnelles
- ⇒ Technologies semi industrielles
- ⇒ Technologies industrielles

2.3 Transformation des tubercules

Les tubercules contiennent de l'amidon en générale : le manioc, la patate douce, les colocases, ...

La transformation de ces dernières aboutit à l'extraction de l'amidon, la farine (foufou), les colles, diverses préparations culinaires etc

2.3.1. Procédés de Transformation du manioc

Généralités sur la transformation de manioc

Les racines tubéreuses et les feuilles de manioc sont très périssables. Après la récolte, elles perdent rapidement leur qualité. Ainsi, elles sont souvent transformées en des produits qui peuvent être conservés. Les racines tubéreuses de manioc sont transformées par des ménages et suivant des techniques traditionnelles. Ces techniques varient d'un produit à un autre et d'une zone à une autre et ne garantissent pas l'obtention des produits de bonne qualité et ne permettent pas la transformation en une fois de grandes quantités des racines tubéreuses.

L'introduction en 2004 par l'IITA des machines de manioc a permis la mécanisation et le développement des petites entreprises/unités de transformation de manioc en RDC. Des schémas de transformation adaptés à l'usage des machines ont été développés et sont disséminés.

2.3.1.1 Racines tubéreuses de manioc

Les racines tubéreuses constituent la principale matière première utilisée dans la transformation du manioc. Elles sont une matière première importante, particulièrement pour l'alimentation humaine et du bétail. Pour chaque type de produit, les racines tubéreuses à utiliser doivent provenir d'une variété recommandée et qui donne un produit final de très bonne qualité. L'utilisation des racines tubéreuses d'une mauvaise qualité ne pourra pas conduire à un bon résultat. Dans chaque cas, on devra chercher à utiliser les racines tubéreuses recommandées pour la fabrication du produit final désiré. Les transformateurs doivent prendre en considération, lors du choix de la variété, des différentes caractéristiques recherchées par les consommateurs et les techniques à utiliser.

2.4 Eau

L'eau est très importante dans la transformation du manioc. Elle est utilisée pour (i) nettoyer les racines tubéreuses et les feuilles, les machines et le bâtiment de transformation, (ii) fermenter/rouir les racines tubéreuses, (iii) extraire l'amidon des racines tubéreuses. L'eau utilisée dans la transformation du manioc doit être propre et saine (ne pas contenir des microorganismes nocifs à l'homme). L'idéal est d'utiliser de l'eau courante et potable. Dans le cas contraire, on peut utiliser de l'eau de source ou de puits. L'eau de rivière est utilisée après filtration et chloration afin d'éliminer les débris et les microorganismes nuisibles.

Dans les contrées où l'on ne dispose pas d'eau courante ou de puits, on peut collecter l'eau de pluies. Ces eaux peuvent être stockées dans un réservoir. Au cas où on a besoin des grandes quantités d'eau, on peut construire un réservoir souterrain (puits etc.). Cette eau doit être chlorée avant son utilisation, pour éliminer les microorganismes nuisibles à l'homme.

2.5 Localisation d'une unité de transformation

Une unité de transformation de manioc doit être située le plus près possible de la zone d'approvisionnement en racines tubéreuses ou en feuilles de manioc. Il n'est pas souhaitable que la distance entre le site d'approvisionnement et le lieu de transformation soit de plus de 50 km. Car, les racines tubéreuses et les feuilles de manioc occupent un grand volume et leur transport coûte cher.

Les bâtiments abritant les activités de transformation ne doivent pas être situés dans des zones avec une très grande pollution industrielle.

Les critères suivants sont à prendre en compte lors du choix du site d'installation d'une unité de transformation de manioc

- Disponibilité des racines tubéreuses pendant toute l'année
- Facilité au site et faible coût de transport des racines tubéreuses/feuilles à l'usine ;
- Accès facile à de l'eau propre ;
- Disponibilité de la main d'œuvre ;
- Accès à l'électricité, si vous avez à utiliser des machines électriques.

2.6 Conception du plan des bâtiments de transformation

Dans le plan de construction d'une unité de transformation de manioc, les différentes parties doivent être conçues de façon que le nettoyage et la maintenance des équipements se fassent dans de bonnes conditions et qu'il n'y ait pas de contamination par des ravageurs. Dans les petites entreprises, les bâtiments de transformation de manioc sont souvent divisés en deux ou trois parties qui sont la section :

- *Section/salle de réception* (Salle) où les racines tubéreuses sont réceptionnées et épluchées ;
- *Section/Salle humide* (Humide) où les racines tubéreuses sont nettoyées, découpées ou râpées, pressées. L'éplucheur, le découpeur/râpe, la presse se trouvent dans cette partie du bâtiment ;
- *Section/Salle sèche* (Sèche) où sont localisées toutes les machines en contact avec les produits secs (moulin, tamis, séchoir, grilloir, etc.), le(s) bureau(x) et le magasin de stockage.

Un bâtiment abritant les équipements de transformation doit avoir une hauteur minimum de 3.50 m et ses fenêtres et autres ouvertures doivent être couvertes de toile moustiquaire. Les portes doivent avoir devant chacune un cadre en toile moustiquaire. Ceci pour éviter que des insectes et des mouches puissent entrer dans le bâtiment de transformation.

Les dispositions suivantes doivent être observées :

1. Séparer les différentes parties avec des structures temporaires ou des murs en briques ;
2. Séparer les sections de stockage des matières de produits intermédiaires et des produits finis ;
3. Séparer la section d'épluchage de celles où les autres opérations sont réalisées ;
4. Avoir une distance raisonnable entre la section humide (épluchage, nettoyage, découpage/râpage, pressage, fermentation) et la section sèche (séchage, mouture, tamisage et emballage)
5. Prendre des précautions pour éviter les mouvements de poussières dans le bâtiment de transformation, d'emballage et de stockage des produits finis en installant les matériels de protection appropriés
6. S'assurer de l'existence d'un stock suffisant d'eau propre, un bon système de drainage, des dispositifs de nettoyage du bâtiment et des mains ;
7. S'assurer que les toilettes sont éloignées du bâtiment de transformation, des sites de séchage, d'emballage et de stockage.

Les équipements de transformation doivent se succéder dans le sens de faciliter la continuité des opérations sans qu'il y ait des grands moments d'interruption (découpeur ou râpe – bac de rouissage – presse – séchoir/grilloir – moulin)

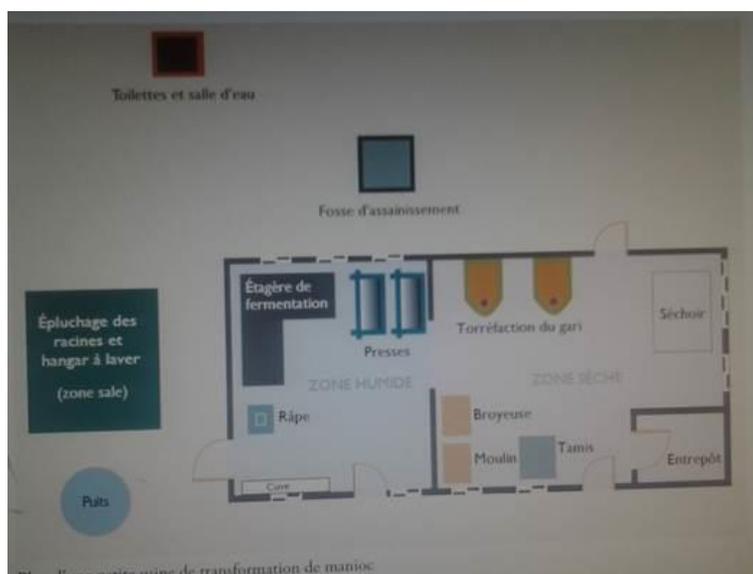


Photo 1. Plan d'une unité de transformation de manioc/ Source : Manuel de production du gari



Photos 2 et 3. Vues intérieure et extérieure du centre de transformation manioc IITA/Kalambo (Bukavu, RDC)

2.7 Principaux membres du staff d'une usine de transformation

Les principaux membres du staff d'une unité de transformation de manioc sont le(a)//les :

- Gestionnaire principal : coordonne toutes les opérations qui se déroulent dans l'unité de transformation, organise l'approvisionnement en racines tubéreuses/feuilles, la gestion des stocks ;
- Chargé de contrôle qualité s'occupe principalement du contrôle de qualité à tous les niveaux de transformation et s'assure que le produit final est conforme aux normes et à la qualité cherchée et qu'à la fin de la journée et avant de commencer la transformation toutes les machines ont été nettoyées et sont propres ;
- Opérateurs des machines (2 à 3) : chaque opérateur(trice) est le responsable de la machine qu'il(elle) manipule (découpeur/râpe, presse, séchoir, moulin, etc. ou de l'opération qui se réalise sous son contrôle (Epluchage, rouissage, pressage, séchage, mouture, emballage, stockage, nettoyage du bâtiment).

2.8 Formation du personnel de l'usine de transformation

Les personnes affectées à une unité de transformation doivent avoir les compétences requises pour bien accomplir leurs tâches ; c'est-à-dire, elles doivent être formées. Chaque membre du personnel doit connaître ses rôles et ses responsabilités. Les personnes qui manipulent les produits chimiques et autres produits dangereux doivent avoir des connaissances sur les procédures de sécurité. La formation des personnes affectées à une unité de transformation doit mettre un accent sur :

- La qualité de la matière première ;
- La nature du produit final et une qualité élevée ;
- La manipulation des machines, du produit et son emballage ;
- Les conditions et la durée de stockage du produit ;
- Les préparations avant consommation ;
- L'hygiène de base et des aliments ;
- La maintenance et la sanitation des structures et des bâtiments ;
- Les Procédures de nettoyage et de sanitation des outils et des équipements de transformation.

La formation d'une unité de transformation doit être continue afin de mettre les membres du personnel à jour.

2.9 Hygiène et propreté des agents du bâtiment de transformation

Une bonne hygiène des travailleurs est essentielle, car les pathogènes peuvent être transmis de l'homme aux produits. La contamination peut se produire par contact avec les mains, les vêtements sales, la toux et les éternuements. Les transformateurs doivent fournir :

- Une formation adéquate sur l'hygiène des employés et surveillent les pratiques d'hygiène et la santé du personnel ;
- Des vêtements de protection au personnel ;
- Les meilleures pratiques en matière d'hygiène des travailleurs ;

Les transformateurs doivent tenir des registres pour suivre les maladies graves et former leurs personnels sur l'hygiène et l'assainissement.

Les travailleurs doivent maintenir un niveau élevé d'hygiène et de propreté. Les personnes malades ou blessées ne peuvent pas manipuler les produits finis ou qui sont sur la ligne de production. Elles doivent être envoyées à l'hôpital afin de recevoir des soins médicaux appropriés. Les cas suivants de maladies doivent être rapportés aux dirigeants : diarrhées, vomissements, fièvres, lésions cutanées, jaunisse, coulée au niveau des oreilles, des yeux et du nez. Les blessures doivent être couvertes avec un sparadrap hermétique.

Le personnel doit laver ses mains : (a) avant de commencer la transformation, (b) à la fin d'une activité dans une section et avant de commencer dans une autre, (c) immédiatement après avoir utilisé les installations hygiéniques et (d) après avoir touché ou manipulé des racines tubéreuses de manioc non pilées ou un matériel pouvant entraîner une contamination du produit.

Les personnes qui se trouvent dans la chaîne de fabrication ne doivent pas porter des bijoux et doivent obligatoirement couvrir leurs têtes pour éviter qu'il y ait des cheveux ou des métaux dans le produit transformé. Les bâtiments de transformation doivent toujours être propres, ne pas avoir des rats/souris, cancrelats, des fourmis, etc.

2.10 Maintenance et sanitation des machines

L'entretien est une activité industrielle importante pour éviter des pannes des machines. Elle est aussi nécessaire pour éviter les contaminations des produits. Par mesure de précaution, les pièces de rechanges et les parties métalliques non en utilisation doivent être gardées en dehors de la salle de transformation, et d'emballage.

Avant toute manipulation, il faut faire une inspection des machines afin de s'assurer que tous les boulons, vis, etc. sont bien serrés, la soudure à tout endroit est bien en place, les courroies sont en bon état et les roulements sont bien graissés.

Les équipements et le bâtiment de transformation doivent être maintenus dans un parfait état de propreté et de fonctionnement. Ils doivent être chaque jour nettoyés, aussi bien physiquement que chimiquement, ou désinfectés. A la fin de chaque journée de travail, les équipements et le bâtiment de transformation sont nettoyés.

Les produits chimiques sont manipulés avec beaucoup des précautions et bien gardés loin des produits finis ou en stockage. Les gros débris, les particules de sol et la poussière sont enlevés avant la désinfection. Toutes les voies (trous, drains etc.) pouvant servir de portes d'entrée aux ravageurs doivent être bien fermées. N'importe quelle peste (souris, cancrelat, fourmis, etc.) observée dans le site de transformation ou de stockage devra être éradiquée. Le responsable vérifie l'efficacité du nettoyage, de sanitation, de la conservation des produits de nettoyage et des conditions d'hygiène.

Les particules métalliques, qui peuvent se détacher du moulin, des bijoux (boucles d'oreilles, bagues, anneaux), et les contaminations à la graisse, aux lubrifiants ne doivent pas se retrouver dans le produit en fabrication ou le produit final.

2.12 Principales opérations de transformation de manioc

Il existe plusieurs opérations qui sont communes aux différentes transformations des racines tubéreuses de manioc. Ce sont : l'épluchage, le nettoyage ou le lavage, la réduction des dimensions des racines tubéreuses (découpage ou râpage), le pressage ou la réduction de l'humidité, le séchage, le grillage, la mouture, l'emballage/ le conditionnement.

2.12 1. Epluchage

L'épluchage consiste à enlever l'écorce des racines tubéreuses de manioc. Cette opération peut être manuelle ou mécanique. Actuellement, en RDC, l'épluchage est plus une opération manuelle. Un homme-jour (HJ) peut éplucher en moyenne entre 250 kg et 350 kg. Le rythme d'épluchage manuel est fonction de la variété et de la saison. Certaines variétés ont des écorces qui s'enlèvent plus facilement. D'autres ont des écorces collées contre la chair (pulpe) et celles-ci s'épluchent difficilement. La saison semble avoir également une influence sur l'épluchage manuel. Certaines variétés ont des écorces qui se collent à la pulpe pendant les périodes de faibles humidités de sols (saison sèche). Pendant l'épluchage, on procède également au triage des racines tubéreuses. Toutes les racines tubéreuses doivent être inspectées et celles présentant des défauts (pourritures, taches de striure brune ou nécroses racinaires, etc.) pouvant affectés la qualité du produit final sont soit totalement, soit partiellement éliminées.



Photos 4 et 5. Racines tubéreuses avec des taches dues à la striure brune et nécrose de manioc

L'épluchage mécanique est strict dans les grandes industries. Le taux d'épluchage est souvent compris entre 95 à 98% parce que les racines tubéreuses d'une même variété sont souvent de différentes formes et grandeurs, et ont de constrictions (courbures) et l'écorce qui se trouve dans cet espace n'est pas souvent enlevée. Les parties de l'écorce qui restent collées sont manuellement enlevées. Actuellement, il existe plusieurs modèles de séchoirs pouvant éplucher entre 2 à 50 tonnes de racines tubéreuses par jour de travail.



Photos 6 et 7. Eplucheurs de manioc, utilisés dans unités de transformation de manioc

2.12.2. Nettoyage

Le nettoyage permet de débarrasser les racines tubéreuses de la saleté et des impuretés. Cette opération peut être manuelle ou mécanique. Dans les grandes industries, le nettoyage est une opération mécanisée. Lors du nettoyage manuel les racines tubéreuses doivent passer dans au moins 2 différents bains. Le premier bain permet d'éliminer la saleté/autres débris et le second sert à rincer les racines tubéreuses.



Photo 8. Nettoyage manuel des racines tubéreuses de manioc

Dans les grandes industries, les racines tubéreuses déjà épluchées sont mécaniquement dirigées dans un laveur, situé juste après l'éplucheur. Le plus souvent un laveur est constitué de deux compartiments. Dans certains modèles, le lavage est réalisé concomitamment avec l'épluchage.

2.12.3. Réduction des dimensions

La réduction des dimensions de racines tubéreuses accélère le séchage, l'élimination des glucosides cyanogénétiques et dans une certaine mesure le ramollissement de la pâte rouie. Elle peut se faire par découpage ou par râpage des racines tubéreuses. La réduction des dimensions des racines tubéreuses contribue à la réduction du temps de séchage des produits. Elle peut se faire par découpage ou par râpage des racines tubéreuses. La méthode à utiliser dépend du produit final visé ou de la technologie (machines) disponible.

2.12. 4. Découpage

Le découpage consiste à couper les racines tubéreuses en des petites tranches. Il est plus pratiqué lors de la production de la Farine de Manioc Rouie de Qualité Supérieure (FMRQS) et de la fabrication de la Farine de Manioc de Haute Qualité (FMHQ) par la méthode des micro-cossettes et lors de la fabrication des micro cossettes non fermentées. Le découpage peut être réalisé manuellement ou avec un découpeur ou une découpeuse.



Photo 9. Découpeur à manioc

2.12. 5. Râpage

Le râpage permet de réduire les racines tubéreuses en une pâte constituée des granules. Il est recommandé pour la réduction des dimensions des racines tubéreuses lors de la fabrication de la FMHQ, du gari et de l'extraction de l'amidon du manioc. Il est également utilisé pour émietter le gâteau qui résulte du pressage du manioc. Le râpage contribue efficacement à la décomposition des glycosides cyanogénétiques, responsables de la production de l'acide cyanhydrique (HCN) de surcroît à la détoxification du manioc.



Photo 10. Râpe- à manioc

N.B. Il existe des râpes-découpeurs. Ce sont des machines qui ont deux différentes parties qui servent respectivement à râper et à découper les racines tubéreuses de manioc

2.12. 6. Fermentation

Pendant le processus de transformation, les racines tubéreuses de manioc sont parfois fermentées. Il existe trois types de fermentation : la fermentation humide ou rouissage, la fermentation sèche et la fermentation des racines tubéreuses râpées.

2.12.7. Rouissage

Le rouissage ou fermentation humide consiste à immerger les racines tubéreuses de manioc complètement dans l'eau. Un bon rouissage dure au minimum 48 heures. Ce temps est compté à partir de la fin de la mise des racines tubéreuses en fermentation. Il est recommandé de réaliser le rouissage dans un bac, un bassin, un tonneau, etc. propre. Au cas où on doit rouir des grandes quantités, on construit un ou plusieurs bacs de rouissage. L'idéal est d'avoir un bac de rouissage en acier non oxydable type alimentaire. Mais, généralement, les bacs de rouissage sont construits avec des blocs en ciment et sont recouverts des faïences en porcelaine, de couleur clair pour bien faire voir toutes les traces de saleté.

Les dimensions d'un bac de rouissage dépendent des quantités de racines tubéreuses à rouir à un même moment. Un volume d'1 m³, peut contenir 800 kg des racines épluchées, découpées ou non, etc. Cette quantité provient de 1000 kg des racines non épluchées. Le volume (V) total est déterminé par $V = L \times l \times H$ où : L = longueur du bac, l = largeur du bac et H = hauteur du bac

Ex :

- $V = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^3$ Ce volume peut contenir 800 kg des racines tubéreuses épluchées provenant de 1000 kg des racines non épluchées
- $V = 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}^3$ ce volume peut contenir 1600 kg des racines épluchées provenant de 2000 kg des racines non épluchées.



Photos 11 et 12. Bacs de rouissage de manioc remplis des micro-cossettes

Il est souhaitable de connecter les bacs de rouissage à un système d'alimentation en eau et de prévoir un robinet d'évacuation des eaux usées. Ces eaux doivent être canalisées vers un puits perdant. Si elles sont laissées à la surface, elles provoquent des mauvaises odeurs.

2.12. 8. Fermentation sèche

Lors de la fermentation sèche, les racines tubéreuses épluchées sont mélangées avec un ferment ensuite couvert avec des feuilles de bananier ou un sachet plastique pour conserver l'humidité. (Gari)

2.12.9. Fermentation des racines tubéreuses râpées

Elle est utilisée lors de la production du gari. Après épluchage, nettoyage et râpage, la pâte obtenue est mise dans un sac puis sous une presse et fermentée pendant quelques heures à 72 heures.

2.12.10. Réduction de l'humidité ou pressage

Après le rouissage, le râpage, ou la fermentation sèche, les racines tubéreuses de manioc contiennent beaucoup d'eau. Ainsi, elles ne peuvent pas être directement mises en séchage. Le pressage est une opération qui consiste à exercer une force sur un produit afin de réduire sa teneur en eau. Le taux d'humidité, avant le début du séchage, doit se situer entre 35 et 45 %. Le faible taux d'humidité de départ contribue à la réduction de la durée du séchage et d'éviter ainsi le développement des moisissures. Pendant le pressage, les eaux sont évacuées avec des glucosides cyanogénétiques et l'acide cyanhydrique. Généralement, la durée de pressage est de près de 20 à 30 minutes. Il est de 24 à 48 heures lors de la fabrication du gari. Les produits à presser sont mis dans des sacs en petites quantités' afin de faciliter l'évacuation des eaux.

La presse à manioc sert à réduire l'humidité des produits de manioc (micro-cossettes, la pâte et les grumeaux etc.) avant de commencer le séchage. Il existe plusieurs types de presse : presse à vis sans fin, presse à cricque hydraulique et presse hydraulique



Photos 13 et 14. Presse à vis sans fin et presse hydraulique



Photo 17. Presse à crique hydraulique

2.12. 11. Pulvérisation/Emiettage

Après le pressage, il se forme un gâteau. Ce gâteau doit être émietté/pulvérisé avant de sécher des micro cossettes ou les granules ou avant de griller le gari. La pulvérisation peut être manuelle ou mécanique. Mécaniquement, elle est réalisée avec une râpage. La pulvérisation joue un rôle dans la réduction de la durée de séchage des produits.

2.12.12. Séchage

Le séchage consiste à évaporer une partie d'eau contenue dans un produit. Il est un facteur essentiel dans la production d'une farine de manioc de bonne qualité. Il existe deux types de séchage : le séchage au soleil ou naturel et le séchage artificiel. Dans le cas du manioc, il consiste à faire descendre la teneur en humidité des cossettes ou des grumeaux à un minimum de 12% (< 12 %). En RDC, le séchage est principalement naturel et constitue une des principales contraintes de production des farines de manioc de bonne qualité.

2.12.12. 1. Séchage au soleil

Le séchage naturel utilise le soleil comme source d'énergie pour évaporer l'eau contenu dans le produit de manioc. Lors du séchage au soleil ou naturel, les particules résultantes de la pulvérisation/émiettage sont étalées sur une aire cimentée ou sur un étalage, qui doit principe être, préalablement couvert(e) d'un film plastique noir. La surface de séchage est généralement surélevée pour éviter une contamination assez facile par des grains de sable, les excréments des animaux, etc...



Photos 15 et 16. Séchage sur aire cimentée et étalages des micro-cosettes de manioc

Autour des étalages ou de l'aire de séchage, il est préférable de planter une pelouse/couvert herbacé. Dans d'autres cas, on peut construire des mûrs pour protéger l'aire de séchage contre les vents. La durée minimum pour un bon séchage au soleil est de 16 heures soit deux journées consécutives de séchage (8h00 à 16h00). A la fin de chaque journée (entre 17h00 et 18h00), le produit en séchage est retiré et étalé dans un bâtiment et/ou dans un endroit couvert et protégé des intempéries. Le jour après tôt le matin, il est remis en séchage. Actuellement en RDC, c'est le séchage naturel ou au soleil qui prédomine.



Photo 27. Micro cosettes étalées à l'intérieur d'un bâtiment

Le séchage au soleil est tributaire des conditions atmosphériques. Pendant les périodes de basses températures ou des grandes pluies successives, ce type de séchage pose de sérieux problèmes. Les farines destinées à l'alimentation des nourrissons ne doivent pas être séchées à l'air libre parce que des microorganismes qui sont dans l'air tombent sur le produit et certains peuvent être nuisibles. Dans ce cas, on doit recourir au séchage artificiel ou à un séchoir solaire.

2.12.12.2. séchage artificiel

Le séchage artificiel est le plus recommandé parce qu'il peut être réalisé à n'importe quel moment et dépend très peu des conditions météorologiques. Toutefois, pour ce type de séchage, on recourt à une source d'énergie autre que le soleil (bois de chauffe, charbon, gasoil, etc.). L'énergie fournie par cette source est capitalisée pour éliminer l'eau. Les industries recourent plus au séchage artificiel. On utilise plusieurs types de séchoirs dont : le séchoir cabinet, rotatif et le flash dryer (séchoir pneumatique).



Photos 18 et 19. Séchoir cabinet (Plateau bateke) et un flash dryer (IITA/Ibadan)

Le flash dryer est le séchoir le plus efficace de tous. La température de séchage du produit de manioc est souvent comprise entre 130°et 180°C. La température du produit à la sortie du flash dryer est souvent comprise entre 50° et 60°C. Il existe des flash dryers pour les petites (< 10 T/jour), moyennes (10 à 100 T/jour) et grandes industries (>100T/jour).

Grillage

Le grillage est une opération que l'on retrouve dans la production du gari et du fuku (province du Sud et Nord Ubangi en RDC). Après pressage et fermentation, le gari est grillé. En ce qui concerne le fuku, les racines tubéreuses séchées et des grains de maïs trempés sont mélangés et pilés ensemble et afin grillé



Photo 20. Grillage gari

2.12.13. Mouture et tamisage

Généralement, la mouture et le tamisage se passent au même moment car les moulins ont généralement un tamis qui permet de réaliser les deux opérations simultanément.

Après le séchage, les particules de manioc doivent être moulues et tamisées pour obtenir une farine fine. La mouture est généralement réalisée avec un moulin à marteaux avec ou sans cyclone.

Le tamisage est réalisé séparément qu'au cas où le moulin utilisé n'avait pas de tamis fin. Au moins, 90 % des particules doivent passer à travers les mailles de 0.8 mm Le tamisage permet d'éliminer les fibres grossières.

Lors de la production du gari, après la pulvérisation, les grumeaux sont tamisés pour séparer les particules fines des particules grossières et pour avoir à la fin un produit uniforme.



Photos 21 et 22. Un moulin et un bassin rempli de farine de manioc

2.12.14. Emballage et conditionnement

Après tamisage, les produits de transformation du manioc sont emballés. Ces emballages doivent être suffisamment étanches afin d'éviter toute reprise d'humidité et contamination par les microorganismes et de garder les caractéristiques physiques et organoleptiques du produit. Un emballage ou conteneur doit contribuer à préserver les caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques du produit et éviter toute contamination venant de l'extérieur, . La farine, le gari et l'amidon de manioc sont souvent emballés dans des sacs en polyéthylène ou polyuréthane, des sachets en papier ou en plastique. Dans certains cas, à l'intérieur du sac on met un sachet plastique. Ce double emballage permet de conserver la farine pendant une longue période.

L'emballage joue un rôle important dans la conservation et la commercialisation des produits. Il est l'ambassadeur du fabricant ; c'est-à-dire il parle au nom du fabricant qui est absent. Ainsi, l'emballage doit être attractif, parlant, contenir un message et des informations de contact du fabricant. Sur l'étiquette de n'importe quel emballage de produit, on doit retrouver les informations suivantes :

- Nom du produit écrit en caractères gras ;
- Poids net du produit ;
- Poids brut ;
- Nom et adresse physique du fabricant ou du conditionneur ;
- Pays, parfois avec la ville, d'origine ;
- Date de fabrication/de conditionnement et d'expiration ;
- Numéro du lot ;
- Numéro ou code de certification ;
- Composition chimique et valeur nutritive ;
- Température et humidité de stockage.

Certains pays exigent que la composition chimique du produit se retrouve sur l'emballage.

Les conditionnements les plus utilisés sont :

a) Farine de manioc

- Sacs de 10 et 25 kg. Les sacs qui sont actuellement trouvés sur le marché n'arrivent pas à contenir 25 kg de farine de manioc. Ainsi, le conditionnement de 20 kg est plus utilisé. ;
- Sachet en papier ou plastique de farine de manioc ; 1, 2.5 et 5 kg. Ces conditionnements sont rarement rencontrés sur le marché congolais à cause de la faible disponibilité de ces emballages.
- Le Conditionnement en sacs de 50 kg n'est pas fréquent. Mais, il conviendrait aux livraisons des entreprises de production des farines

b) Micros-cossettes

- Sacs des micros-cossettes de 25 et 50 kg.

Les numéros d'identification des lots doivent être écrits sur les emballages afin de faciliter la traçabilité. Les emballages doivent contenir toutes les informations nécessaires pour les consommateurs sur la sécurité, une bonne manipulation, un bon stockage, la préparation et l'utilisation du produit. Il est important de disposer d'une machine à coudre pour sacs.



Photos 23 et 24. Différents conditionnements de la farine de manioc roui

2.12.15. Conservation

Les racines tubéreuses fraîches et les produits de transformation doivent être bien conservés afin d'éviter toute sorte de contamination et garder la qualité de chaque produit.

2.12.16. Conservation des racines tubéreuses fraîches

Les racines tubéreuses de manioc ne se conservent pas pendant longtemps. Vingt-quatre à quarante-huit heures après leur récolte, elles commencent à se détériorer physiologiquement. Les racines tubéreuses doivent être conservées à un endroit frais. Avant de les conserver, elles sont lavées une à une, triées et mises sur du film plastique. Lors du triage, toutes les racines avec des blessures ou qui ont perdu leurs pédoncules sont éliminées. Après le triage, on asperge un peu d'eau sur les racines triées et on enroule le film plastique de manière qu'il n'y ait pas perte d'humidité. On peut également les conserver dans la sciure de bois.

2.12.17. Conservation des produits transformés du manioc

Les produits secs tels que la farine, les micro cossettes et les grumeaux secs doivent être stockés dans un endroit sec et frais. Dans un magasin de stockage, les produits emballés doivent être sur des palettes ou des étagères et ne doivent jamais être en contact direct avec le sol. Le principe de premier entré, premier à sortir doit être respecté. C'est-à-dire, le lot qui est entré premier dans le dépôt devra également sortir premier. Donc, l'ordre d'entrée des lots doit correspondre à l'ordre de sortie.



Photo 25. Stockage des sacs de farine de manioc sur des palettes

2.12.18. Transport des produits transformés

Pendant le transport, des précautions doivent être prises pour éviter qu'il y ait ouverture d'emballage, un trou ou une contamination d'un emballage. Le véhicule de transport des produits alimentaires doit être nettoyé et désinfecté, si c'est nécessaire. On évitera que l'eau et/ou la poussière puissent être en contact avec les produits.

2.12.19. Gestion des déchets solides et liquides

La transformation du manioc génère beaucoup des déchets (effluents). Les épluchures, les racines tubéreuses défectueuses et leurs portions éliminées, les fibres et les eaux de lavage, de rouissage et de pressage constituent les principaux effluents solides et liquides des unités de transformation de manioc. Ces effluents doivent être bien gérés pour qu'ils ne deviennent pas un problème écologique.

2.12.20. Epluchures

Les épluchures de racines tubéreuses de manioc peuvent être compostées ou utilisées comme un ingrédient d'aliment pour bétail. Lors du compostage, il est important de prendre les précautions nécessaires pour éviter tout départ en feu. Ainsi, les épluchures seront disposées en couches. Les couches d'épluchures et de terre sont alternées. Le site de compostage devra être souvent arrosé pour éviter tout embrasement qui pourrait être causé par la chaleur résultant de la décomposition des épluchures.

Les épluchures des racines tubéreuses de manioc peuvent être utilisées comme un ingrédient de formulation des aliments pour bétail. Avant d'être utilisées dans les aliments pour bétail, les épluchures de manioc sont soit séchées ou rouies, ensuite séchées et afin râpées. Ces opérations permettent la réduction du potentiel en acide cyanhydrique des épluchures qui est généralement très élevé.



Photo 26. Epluchures de manioc dans une unité de transformation

2.12.21. Effluents liquides (eaux)

Les effluents liquides contiennent beaucoup des substances en dissolution. Ce sont principalement : les glycosides cyanogénétiques, l'acide cyanhydrique et des phosphates. Ces eaux ne peuvent pas être directement évacuées vers un cours d'eau car elles pourront tuer les petits poissons, particulièrement les alevins. Les effluents liquides doivent être canalisés vers un puits perdant où ils vont petit à petit s'infiltrer dans le sol ou dans un puits. Ils peuvent être aussi dirigés vers un puit pour être utilisés dans la production de gaz. Dans certains cas où il n'y a pas eu rouissage, les eaux sont gardées à la surface et s'infiltrent progressivement dans le sol (sols sablonneux).



Photo27. Chambre à air de conservation des gaz produits à partir des effluents liquides de manioc Thaïlande.

2.13. Les principaux produits de transformation de manioc

Les principaux produits de transformation des racines tubéreuses de manioc sont les farines, les cossettes, la pâte fermentée, le gari et l'amidon. On distingue deux types de farines et des cossettes : la farine fermentée et non fermentée, et les cossettes fermentées et non fermentées. Les farines et cossettes fermentées sont celles qui au cours de leur production sont à un moment rouies. Les produits de transformation du manioc en RDC sont : la farine de manioc rouie de qualité supérieure, la farine de manioc de haute qualité (FMHQ), la pâte fermentée (Kimpuka), le gari et l'amidon. Les cossettes et la pâte fermentée sont des produits intermédiaires.

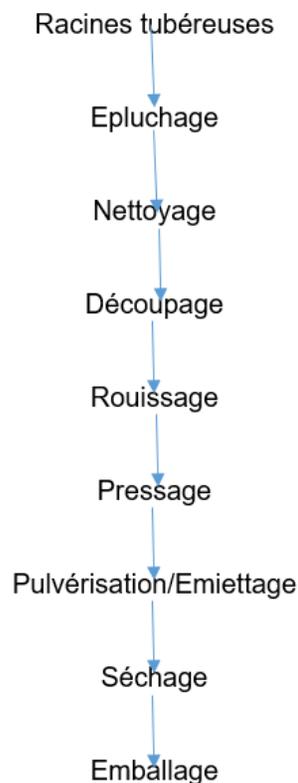
2.13.1 Farine de manioc rouie de qualité supérieure (FMRQS)

La farine de manioc rouie (*Manihot esculenta* Crantz) est le produit obtenu par mouture et tamisage des micro-cossettes ou de la pâte rouies et séchées de manioc. La farine rouie sert à la préparation de l'aliment fufu/ugali/ M'shima etc.

2.13.2 Micro-cossettes de manioc

Les micro-cossettes sont des cossettes de manioc de petites dimensions en comparaison avec celles traditionnellement produites. C'est un produit intermédiaire qui après mouture donne de la farine de manioc rouie de qualité supérieure (FMRQS). Elles sont produites par découpage, rouissage et séchage.

Schéma 1 Etapes de production des micro-cossettes rouies de manioc



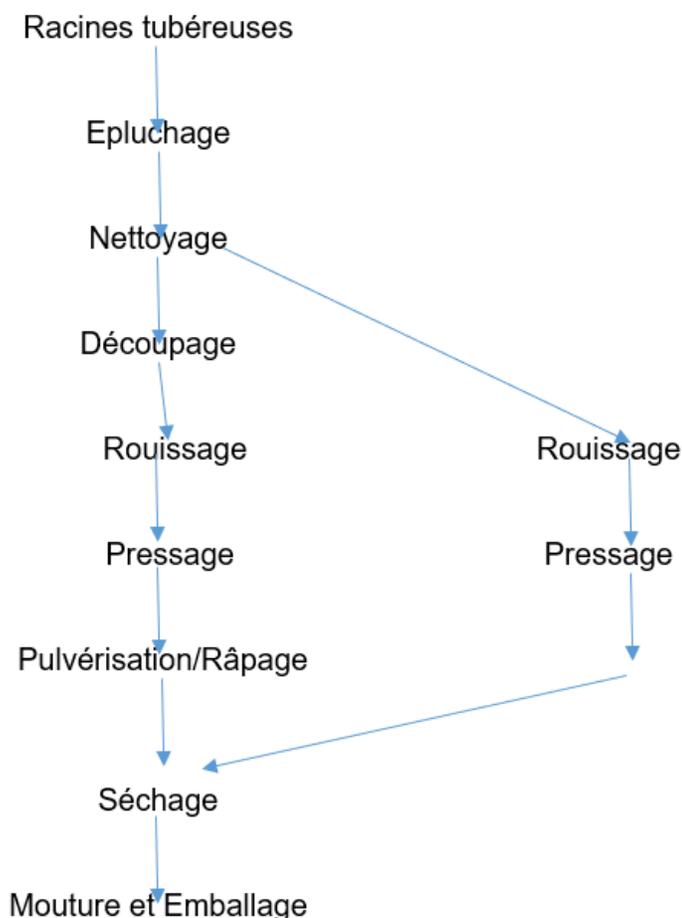
Les racines tubéreuses épluchées sont lavées pour éliminer toute trace de saleté, ensuite elles sont découpées en petites tranches avec une découpeuse. Les tranches de micro-cossettes sont mises dans un bac, bassin ou tonneau et rouies pendant un minimum de 48 et au plus 72 heures. La durée du rouissage est fortement influencée par les conditions atmosphériques (température ambiante. Pluies.) Au cas où les racines ou les eaux de rouissage sont colorées en jaune, on peut 24 heures après le début du rouissage renouveler l'eau. A la fin du rouissage, les micro-cossettes sont mises dans un sac et pressées. Après un pressage de près de 30 minutes, les mi crossettes sont pulvérisées et afin séchées. Le séchage des micro-cossettes est souvent naturel (au soleil).

2.13.3 Farine de manioc rouie de qualité supérieure (FMRQS)

Généralement, la farine de manioc rouie de qualité supérieure (FMRQS) est produite par mouture des micro-cossettes ou de la pâte rouies de manioc. Ces principales étapes de production sont : l'épluchage, le nettoyage, le découpage, le rouissage, le pressage, le séchage, la mouture et l'emballage. Elle est utilisée pour la préparation du fufu/ ugali/luku, etc.

Dans certains cas, les racines tubéreuses entières sont épluchées, lavées, rouies. Les racines tubéreuses bien ramollies sont pressées. Le gâteau obtenu est pulvérisé. Les grumeaux sont séchés au soleil.

Schéma 2. Production de la farine de manioc rouie de qualité supérieure

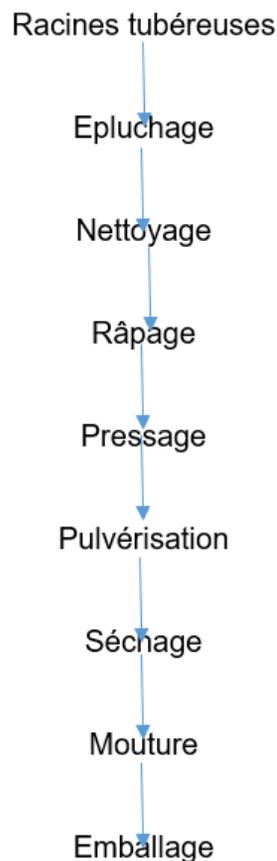


2.13.4 Farine de Manioc de Haute Qualité (FMHQ)

La farine de manioc de haute qualité ((FMHQ), aussi appelée farine panifiable de manioc, est une farine fine produite à partir des racines tubéreuses saines fraîchement récoltées et rapidement transformées. Pendant tout le processus de transformation, le produit ne doit subir aucune fermentation. Cette farine est utilisée comme substitut partiel ou total de la farine de blé dans les produits de boulangerie, pâtisserie, confiserie etc. Après récolte, les racines tubéreuses de manioc fraîches sont épluchées, lavées, râpées, pressées, pulvérisées et séchées.

La transformation doit commencer au plus tard 12 heures après la récolte des racines tubéreuses et l'intervalle de temps entre deux étapes successives ne doit pas dépasser 10 minutes afin d'éviter un quelconque début de fermentation. La durée minimum du pressage est 20 à 30 minutes.

Schéma 3. Etapes successives de production de la farine de manioc de haute qualité

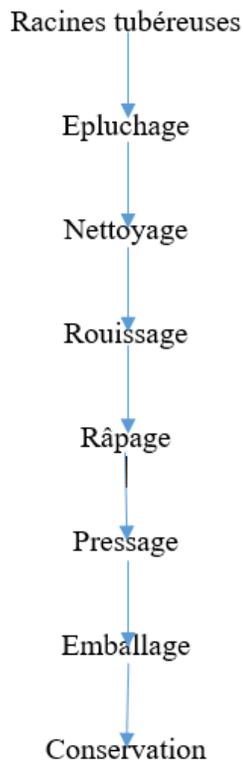


Au cas où l'on disposait des racines tubéreuses à faible potentiel en acide cyanhydrique, la farine peut être produite par mouture des micro cossettes non fermentées c—d après épluchage, les racines tubéreuses sont nettoyées, découpées en micro cossettes et directement séchées.

2.13.5 Pâte de manioc fermentée de qualité supérieure (PMFQS)

La pâte de manioc fermentée de qualité supérieure est communément appelée KIMPUKA. Elle est un produit intermédiaire dans la production de la chikwangue. La pâte subit plusieurs autres opérations qui sont fonction du type de chikwangue visé. Les principales étapes de production de pâte fermentée de qualité supérieure sont, l'épluchage, le rouissage, le râpage, le pressage et l'emballage. La pâte emballée peut être conservée pendant plusieurs mois

Schéma 4. Etapes successives de production de la pâte fermentée de manioc de qualité supérieure



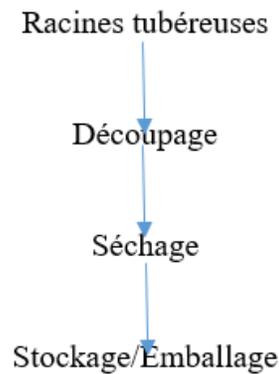
Après épluchage, les racines tubéreuses sont rouies pendant un minimum de 72 heures. Les racines tubéreuses bien ramollies sont râpées et ensuite mises dans des sacs qui sont pressés. Le pressage permet de réduire la teneur en humidité et le volume de la pâte. La pâte pressée est emballée dans des sacs en jute, en polyéthylène ou uréthane contenant à l'intérieur du sachet plastique. Le sachet plastique empêche que l'eau de la pâte ne sorte ou que la pâte soit souillée à partir de l'extérieur.

Cette pâte peut aussi être utilisée pour produire la farine de manioc rouie de qualité supérieure. Dans ce cas, après le pressage, la pâte est pulvérisée, séchée, moulue et emballée. .

2.13.6 Cossettes de manioc

Ce sont des cossettes de manioc qui n'ont subi aucune fermentation. Sur le marché international, quand on parle de cossettes de manioc, on se réfère aux micro-cossettes non fermentées. Elles sont utilisées comme matières premières dans l'industrie de production des aliments pour bétail, d'alcool etc. Ces cossettes ne sont pas épluchées. Après récolte, les racines tubéreuses sont découpées avec leur écorce et directement séchées, le plus souvent au soleil. Ce type des cossettes est plus produit pendant les périodes de grandes chaleurs et sans pluies. En Asie, le séchage est réalisé sur des grandes surface cimentées (2 à 3 fois les dimensions d'un terrain de football). Parfois, les cossettes sont stockées en vrac et gardées dans des grands entrepôts.

Schéma 5. Etapes successives de production des cossettes de manioc

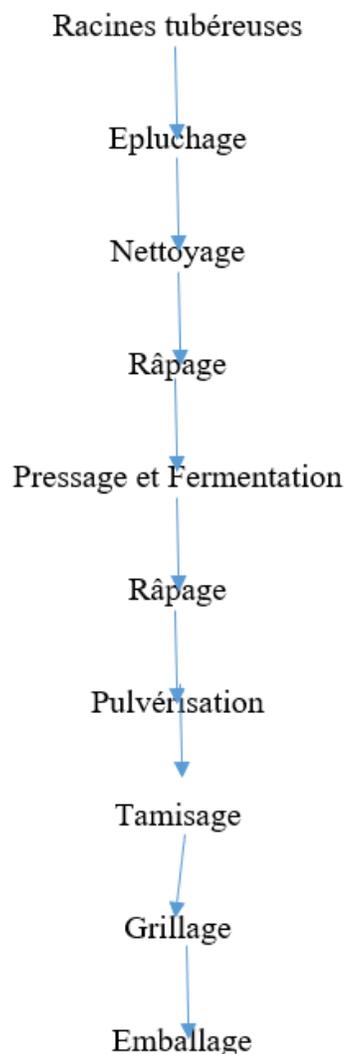


2.13.7 Gari

Le gari est un aliment à base de manioc principalement consommé en Afrique le long de la côte atlantique de l'Angola en Afrique de l'Ouest (Nigeria, Benin, Togo, etc.). En RDC, il est principalement produit et consommé dans le territoire de Moanda, province du Kongo central. Vers les années 1960, ce produit était répandu à travers le Kongo central et Kinshasa. Mais, il a presque disparu à cause de la pénibilité du râpage manuel des racines tubéreuses de manioc lors de sa production. Actuellement, à part le territoire de Moanda dans le Kongo central, le gari est consommé par principalement des originaires de l'Afrique de l'Ouest qui habitent à Kinshasa.

Les principales étapes de la production du gari sont : l'épluchage, le nettoyage, le râpage, la fermentation, le grillage et emballage. La durée de la fermentation varie d'une zone à une autre et elle est fonction de la préférence des consommateurs. Plus le produit est fermenté, plus il devient aigre. Certaines populations aiment le gari aigre. En RDC, la pâte râpée n'est fermentée que le temps du pressage (1 à 4 heures). Les populations de la côte atlantique de la RDC préfèrent du gari non aigre.

Schéma 6. Etapes successives de production du gari :



2.13.8 Amidon

Le manioc contient entre 20 et 27 % d'amidon. C'est un amidon de grande qualité parce qu'il ne contient pas beaucoup des protéines et des lipides. Il est particulièrement bien apprécié dans l'industrie pharmaceutique et du papier. L'extraction de l'amidon du manioc nécessite beaucoup d'eau (10 à 15 fois le poids des racines tubéreuses). Les principales étapes d'extraction de l'amidon du manioc sont : épluchage, nettoyage, râpage, filtration avec de l'eau ou extraction, sédimentation, décantage du surnageant, pressage, pulvérisation, séchage, mouture et emballage.

Après le râpage, l'amidon est extrait avec de l'eau par filtration. Dans les petites unités de transformation, l'épluchage, l'extraction à l'eau et décantage sont des opérations manuelles. Lors de l'extraction, on met une quantité de pâte de manioc sur une toile mousseline et on remue le mélange afin de faire passer les particules fines à travers le tissu.

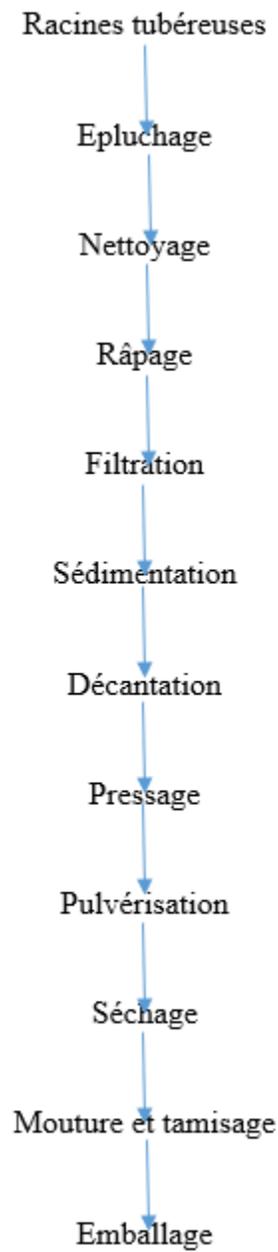
Après extraction, le mélange est laissé au repos pendant quelques minutes à 1 heures afin que les particules d'amidon se déposent au fond du bassin et l'eau surnageant de couleur jaunâtre est éliminée par décantation. L'amidon collé au fond du récipient est de nouveau mélangé avec de l'eau propre et laissé au repos. La sédimentation, la décantation et le mélange avec de l'eau propre sont répétées 2 à 3 fois jusqu'à obtenir une eau surnageant de couleur claire.

L'amidon, collé au fond du récipient, est ainsi raclé et mis dans des sacs qui sont pressés pour réduire la teneur en eau. Les sacs doivent être en coton (sac de farine MIDEMA). Les sacs en polyuréthane et polyéthylène ne contribuent pas à un bon pressage de l'amidon.

Après le pressage, le gâteau d'amidon est pulvérisé, et séché. Le séchage peut se faire au soleil ou avec un séchoir.

Dans les grandes industries, l'épluchage, la filtration, la séparation (sédimentation, décantation, pressage, séchage, mouture et emballage) sont des opérations mécanisées. Lors de l'épluchage, seule, la couche extérieure de l'écorce (écorce extérieure) est éliminée. L'écorce interne, composée de près de 40% d'amidon, est maintenue. Dans les moyennes entreprises certaines opérations sont mécanisées et d'autres sont manuelles.

Schéma 7. Etapes successives d'extraction d'amidon



2.13.9 FUKU

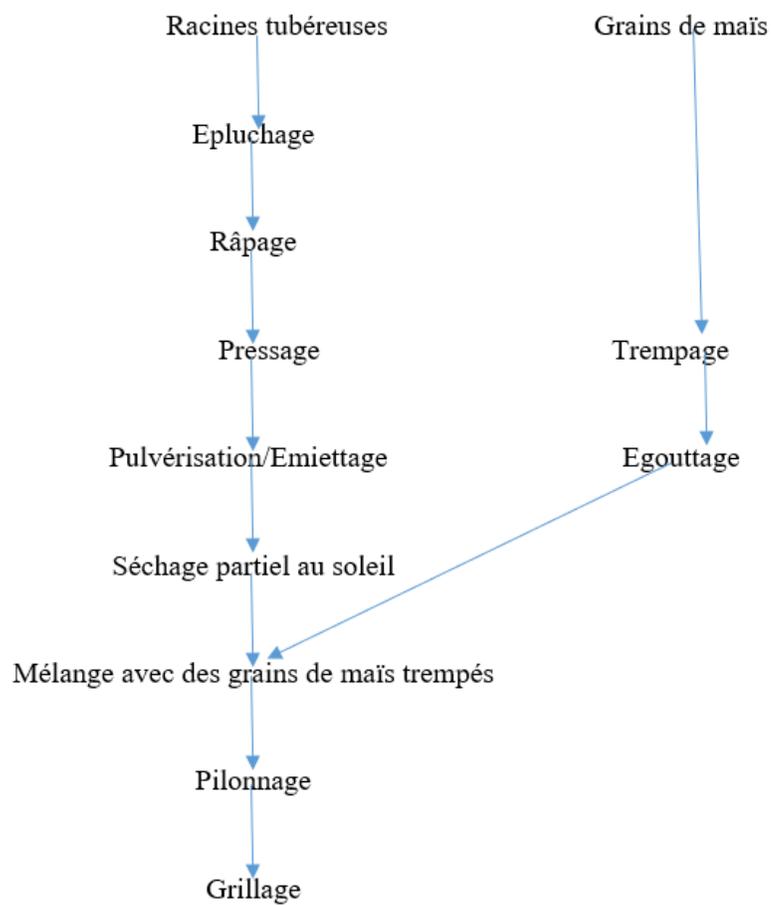
Le Fuku est un aliment particulier des populations Ngbaka des provinces du Nord et Sud Ubangi. IL est une pâte préparée à partir d'une farine à base d'un mélange Manioc-Maïs. Généralement lors de la production de la farine de Fuku, les racines tubéreuses de manioc, souvent amères, sont épluchées et coupées en morceaux qui sont directement séchés au soleil. Vers la fin de la journée, les morceaux de manioc partiellement secs sont mélangés avec des grains de maïs préalablement trempés pendant 10 à 12 heures, sont pilés.

Pendant le trempage, les grains de maïs se fermentent et produisent un goût aigre recherché par les consommateurs. Le degré d'aigreur augmente avec la durée de trempage. La durée du trempage ne doit pas être trop longue au risque d'avoir une pâte. La farine grossière obtenue après pilage est séchée par grillage. Par moment, les morceaux de manioc sont totalement séchés et gardés avant d'être utilisés plus tard dans la préparation du Fuku. Dans ce cas, avant leur utilisation, les morceaux de manioc sont humidifiés et ensuite mélangés avec des grains de maïs trempés.

Le processus traditionnel de production de la farine de Fuku présente des risques qui pourraient conduire à un produit de faible qualité. Le découpage et séchage direct au soleil des cubes des racines tubéreuses de manioc ne permettent pas une bonne élimination de l'acide cyanhydrique. Aussi, en cas de séchage total des morceaux de manioc pour être utilisés plus tard, ceux-ci sont souvent colonisés par des moisissures. Certains de ces microorganismes sont nuisibles à la santé humaine et animale. Parmi ceux-ci, on retrouve les *Aspergillus spp* qui produisent des toxines dont certaines ne sont pas détruites à la température normale de cuisson et peuvent contribuer au développement de certains cas de cancers de foie.

Dans ce chapitre, nous allons présenter quelques propositions pouvant contribuer à l'amélioration de la qualité de la farine de Fuku. Les innovations proposées sont le râpage et le pressage. Le râpage permettra d'avoir une pâte des granules qui contribuera à l'amélioration de la décomposition des glycosides cyanogénétiques de suite l'action des enzymes. Le pressage réduit la masse d'eau contenue dans la pâte cette eau sort avec une partie des glycosides cyanogénétiques et de l'acide cyanhydrique.

Schéma 8. Etapes successives de préparation de la farine améliorée de Fuku



2.14. Les sous-produits de transformation du manioc

La transformation des racines tubéreuses de manioc conduit à l'obtention de trois principaux sous-produits qui sont : les épluchures, les fibres et les effluents liquides. Les épluchures sont obtenues après, selon le cas, le nettoyage et épluchage ou juste après épluchage. Elles contiennent beaucoup d'acides cyanhydrique. Les fibres de manioc sont constituées des résidus solides de l'extraction de l'amidon, la fabrication de la farine ou de la pâte à chikwangue. Aussi, après la récolte les feuilles constituent également un sous-produit du manioc.

Avant d'être utilisés dans les aliments pour bétail, les épluchures et les feuilles de manioc doivent être traitées afin de réduire leurs potentiels en acide cyanhydrique. La teneur maximum d'acide cyanhydrique tolérée dans les aliments pour bétail est 10 ppm ou 100mg HCN/kg d'aliment (FAO,1988) (<https://youtu.be/jkvHYqPLvyc>)

2.14.1 Epluchures de manioc

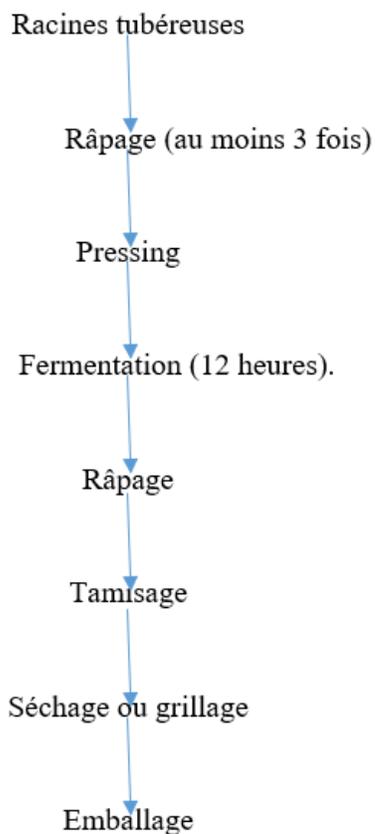
Les épluchures de manioc représentent 15 à 20 % du poids total frais des racines tubéreuses. Après séchage, elles contiennent près de 4% des protéines et peuvent être utilisées comme lest (encombrement) et source d'énergie dans les aliments pour bétail. Etant très dures, les épluchures de manioc doivent être râpées au moins 3 fois. La pâte obtenue après le râpage est mise dans des sacs en polyéthylène qui sont pressés. Le pressage permet d'éliminer l'eau et de réduire le poids de la masse totale de près de 50% et les glucosides cyanogénétiques (acide cyanhydrique). La pâte humide est fermentée pendant un minimum d'une nuit ou 12 heures. Après le pressage et la fermentation, la pâte résultante contient 38 à 46 % d'humidité et peut être utilisée dans les aliments pour ruminants (vaches, moutons, chèvres) et porcs. Elle peut être conservée pendant 4 à 6 jours.

La pâte pressée et fermentée peut aussi être râpée et tamisée pour séparer les particules fines de grossières qui seront par la suite séparément séchées ou grillées. Les produits secs ont une humidité comprise entre 10 et 12 % et peuvent être conservés pendant 4 à 6 mois. La portion fine peut être incorporée dans les aliments pour volaille, poissons, et porcs. La portion grossière peut constituer un ingrédient pour les aliments destinés aux ruminants (des vaches, moutons, chèvres) et porcs.

Dans certains cas, les épluchures de manioc sont rouies pendant une journée et ensuite séchées. Le rouissage permet d'éliminer les glucosides cyanogénétiques qui conduisent à la production de l'acide cyanhydrique. Après séchage, les épluchures sèches sont moulues ou pilées avant d'être incorporées dans les aliments pour bétail.

Chez les ruminants, les épluchures de manioc peuvent remplacer jusqu'à 50 % du maïs total. Les aliments pour les porcs et la volaille ne doivent pas contenir plus de 20% d'épluchures de manioc

Schéma 9. Etapes de production de préparation d'épluchures de manioc à utiliser comme ingrédient dans les aliments pour bétail



2.14.2 Feuilles de manioc

Après la récolte, des grandes quantités de feuilles de manioc sont laissées au champ et elles constituent un effluent solide. Les feuilles de manioc peuvent être utilisées comme un ingrédient dans les aliments pour bétail et éviter ainsi une accumulation des matières organiques. Les principaux facteurs qui influencent la qualité des feuilles de manioc sont l'âge de la récolte, le climat et la fertilité des sols.

Les feuilles manioc séchées sont riches en protéines brutes. Elles contiennent 240 à 300 kg soit 24 à 30 % de protéines par tonne.

Tableau 1 : Quantité des protéines brutes par tonne de produits

N°	Produit	Quantité des protéines brutes	
		Kg/Tonne	%
1	Feuilles de luzerne séchées	200	20
2	Tourteau de soja	400	40
3	Tourteau d'arachide	350	35
4	Tourteau des graines de coton	350	35

5	Tourteau de noix de coco	250	25
6	Tourteau de noix palmiste	250	25
7	Feuilles de manioc séchées	280	28

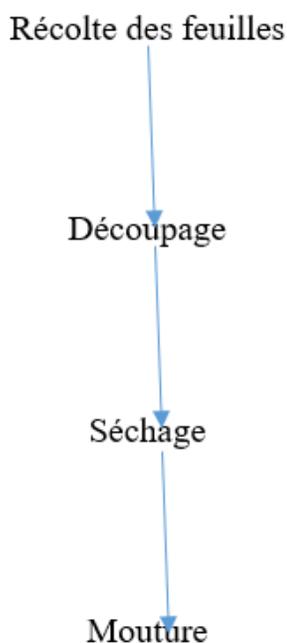
Les feuilles contiennent également des fibres et des pigments. Les fibres limitent l'incorporation des feuilles dans les aliments pour volailles et porcs à un maximum de 10 %. Les pigments qui se trouvent dans les feuilles contribuent à l'amélioration de la coloration du jaune d'œuf. Les feuilles de manioc ont une teneur élevée en glucosides cyanogénétiques. Cette teneur doit être réduite avant leur utilisation comme ingrédient dans les aliments pour bétail. Le tranchage/découpage et le séchage contribuent à l'élimination de plus 90 % de l'acide cyanhydrique contenue dans les feuilles.

Les feuilles de manioc n'ont pas beaucoup de fibres. Mais si elles sont récoltées avec les portions dures, leur teneur en fibres augmentent peuvent atteindre jusqu'à 19 %. En termes d'acide aminés essentiels, la méthionine constitue un acide aminé limitant. Mais, les feuilles de manioc sont riches en lysine.

2.14.3 Traitement des feuilles de manioc

Après la récolte, les feuilles de manioc peuvent être directement séchées au soleil. Le séchage contribue à la réduction des cyanogènes (acide cyanhydrique) de près de 90%. Le découpage suivi du séchage améliore l'élimination de l'acide cyanhydrique. Les feuilles séchées et moulues peuvent être conservées pendant 12 mois.

Schéma préparation des feuilles de manioc pour l'alimentation du bétail



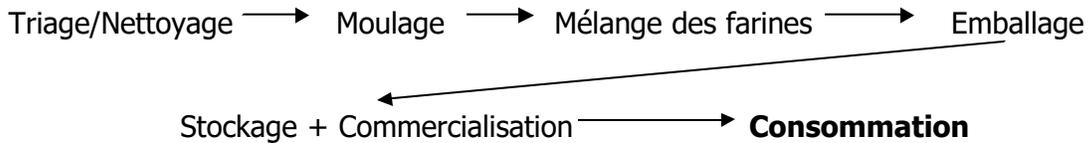
2.15 Transformation des légumineuses et Céréales

La transformation des légumineuses peut aboutir aux plusieurs produits et sous-produits selon les espèces en question. Cette transformation conduit généralement à l'obtention des farines pouvant se conserver longtemps ou susceptibles d'être mélangées avec des céréales pour former des produits plus riches en énergies et en protéines.

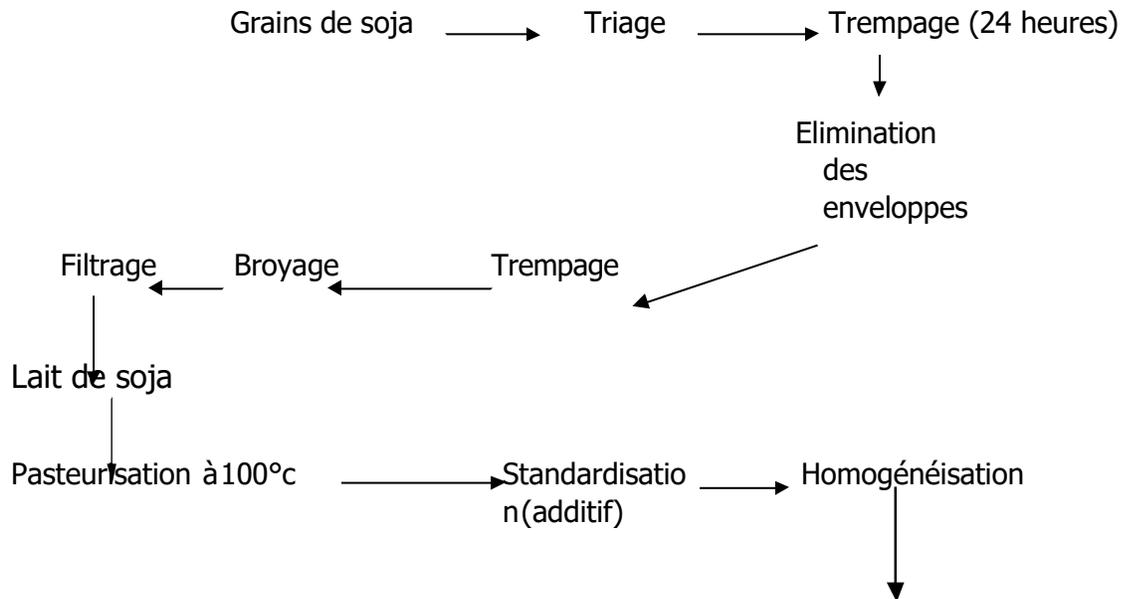
Exemple : Mélange « **SOSOMA** » (DUHAMIC ADRI)

SO : Sorgho + **SO** : Soja + **MA** : Maïs

2.15.1 Les procédés de transformation dans le cas des mélanges :



2.15.2 Procédés de transformation du soja en lait de soja



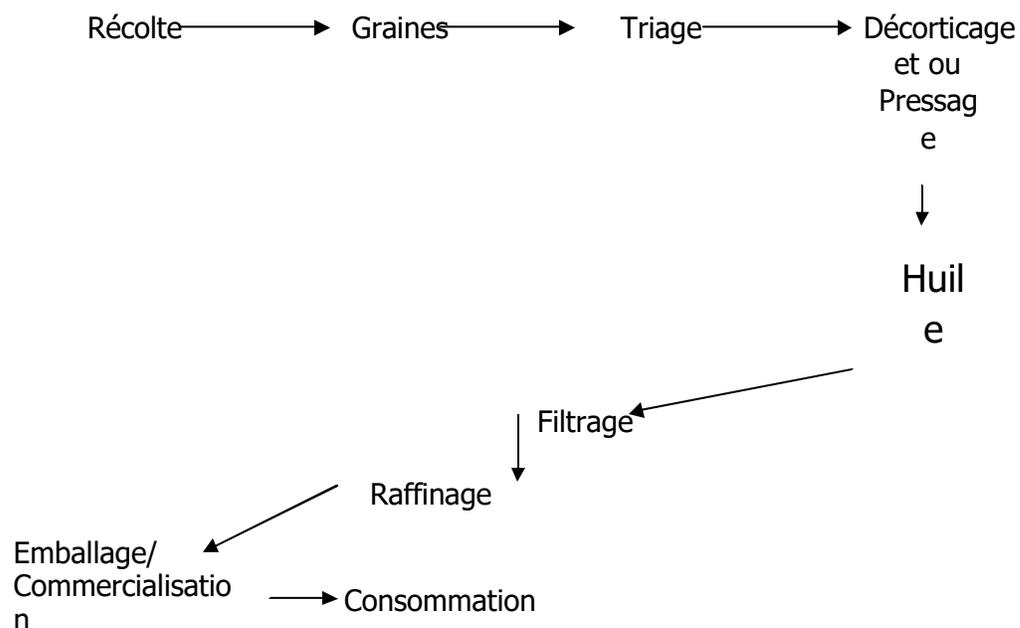


2.16 Transformation des produits oléagineux

La transformation des produits oléagineux souvent conduit à l'obtention des différents produits selon l'espèce traitée (tournesol, arachide,...).

Produit	Utilisation
TOURTEAUX	✓ Alimentation animale ✓ Fumier organique
HUILE	✓ Alimentation humaine ✓ Utilisation industrielle
FARINE	✓ Alimentation humaine ✓ Alimentation animale

2.16.1 Procédés de transformation du tournesol en huile



N.B : la qualité alimentaire de l'huile de tournesol est très appréciée par rapport aux autres huiles végétales car celle-ci ne contient pas la substance toxique appelée « cholestérol »

2.17 Transformation de la tomate

2.17.1. Réception et Lavage

Le lavage est assuré par des jets d'eau sous forme de barbotage par injection d'air dans des canaux de réception ou dans des bassins de lavage. Cette opération a pour objectif d'éliminer les impuretés sous forme de terre, de fragments de plantes et de débris végétaux. Les lieux de lavage sont alimentés en continu par les eaux de chaînes de transport hydraulique. Quant à l'évacuation des eaux chargées, elle est généralement faite par des systèmes de trop plein. En effet, les tomates fraîches subissent trois étapes de lavage :

- ✓ Etape n°1 : déchargement et lavage 1.
- ✓ Etape n°2 : transport et lavage 2.
- ✓ Etape n°3 : lavage final après opération de triage.

2.17.2. Triage

Les tomates lavées sont transportées vers la chaîne de triage où sont enlevées, manuellement les fruits pourris ou endommagés. Au cours de cette opération, le lavage se poursuit au niveau de chaque chaîne par un rinçage en continu (pulvérisation sous pression) de tout le système de transport au moyen de rampes glisseurs.

2.17.3. Broyage

Après triage, les tomates sont déchetées et broyées avant de subir un préchauffage. En général, ces légumes sont entraînés par une vis sans fin vers les broyeurs de chaque chaîne où se fait le malaxage. Le produit broyé est collecté dans des cuves équipées d'une pompe d'aspiration vers l'étape de préchauffage.

2.17.4. Préchauffage

Le préchauffage est assuré par la vapeur provenant de la chaudière à une température de 80 à 85 °C. En effet, le produit broyé passe dans des cuiseurs en inox (échangeurs de chaleur modulaires à faisceaux tubulaires ou autres). Cette opération permet de faciliter la séparation des grains et de la pellicule de la pulpe des légumes pour préparation à l'étape de raffinage.

2.17.5. Passoire

Cette étape est destinée à faire déposer les épilures pour purification du produit.

2.17.6. Extraction et raffinage

Le produit passe à travers des extracteurs centrifuges à axe vertical. Le jus extrait est pompé vers des évaporateurs, alors que les déchets (pellicules, graines...) sont évacués par une vis sans fin dans un réservoir de collecte.

2.17.7. Concentration

Le jus raffiné contient encore un excès d'eau qu'il faut éliminer afin d'obtenir un produit de concentration entre 28% et 30%. Le principe de cette opération est basé sur l'évaporation en continu de la fraction d'eau libre existante dans le jus par élévation de la température avec élimination de la vapeur ainsi formée.

2.17.8. Pasteurisation

La pasteurisation est une étape préparatoire avant la stérilisation. Le produit est porté à une température de 90 à 95 °C. Elle permet la destruction de tous les germes pathogènes et l'élimination de la population microbienne qui pourrait être dans le produit concentré.

2.17.9. Remplissage et sertissage

Le concentré pasteurisé passe aux opérations de dosage, de remplissage et de sertissage des boîtes métalliques.

2.17.10. Stérilisation des boîtes

La stérilisation des boîtes remplies de produit concentré se déroule dans des autoclaves contenant de l'eau chaude à 90-95 °C, pendant un temps de séjour d'environ 20 minutes. Cette étape permet la destruction de tous les micro-organismes qui pourraient exister à l'intérieur des boîtes de concentré de tomate.

2.17.11. Refroidissement

Les boîtes stérilisées sont refroidies avec de l'eau

2.17.12. Séchage

Les boîtes refroidies sont séchées à l'air libre afin d'éliminer les gouttelettes d'eau, puis elles sont transmises, à travers une bande transporteuse, vers la section de conditionnement. Après emballage, les cartons sont stockés sur des palettes pour être commercialisés.

CHAP. III . PRINCIPES DE BASE DE CONSERVATION DES PRODUITS AGRICOLES

3.1. But de la conservation

1. Maintien des qualités naturelles culinaires et gustatives des produits conservés
2. Limiter la détérioration des produits jusqu'au marché
3. Prévenir les périodes de pénurie alimentaire.
4. Répondre aux besoins des clients selon leur choix,....

Il importe de connaître ici les conditions de conservation selon la composition biochimique du produit et la durée de conservation de celui-ci.

Exemple pour conserver les céréales et les légumineuses, l'humidité doit se situer entre 12% et 15 %.

3.2. Etapes préliminaires de base pour une bonne conservation.

a. Etapes amont :

- Pesée (poids, humidité, température, teneur en huile)
- Etiquetage,
- Triage,
- Lavage

b. Etapes aval

Quatre éléments sont à considérer à savoir :

- Préparation du stock
- Emballage et conditionnement des produits
- La mise en stock
- Gestion du stock (contrôle d'humidité, parasites...)
- Suivi d'évolution du produit stocké



Distribution /Vente et consommation

3.3. Quels sont les facteurs d'altération des produits agricoles

D'après ces facteurs, l'opérateur s'efforcera de maîtriser ce qui suit :

- ✓ Prévenir et contrôler les microbes
- ✓ Arrêter l'activité enzymatique

Il faudra alors contrôler :

- ✓ La teneur en eau,
- ✓ L'humidité de l'air
- ✓ La luminosité
- ✓ L'abri contre des parasites

3.4. Techniques de conservation

3.4.1 Le séchage

La technique consiste à éliminer par évaporation partiellement et progressivement l'eau contenue dans les produits.

A)Technologie de séchage par voie humide

Quand le courant d'air chaud traverse une masse de produits, il entraîne progressivement une quantité importante d'eau. Il faudra déterminer la durée d'opération pour ne pas dépasser les normes en matière de teneur en eau selon le produit. **exemple** : usine de thé

Cette technique nécessite un dispositif approprié, avec le matériel de chauffage tel que : le bois, les charbons, tourbes,

B) Séchage naturel au soleil

La technique consiste à étaler les produits au soleil, pour réduire le teneur d'humidité. On associe souvent à cette technique le remuement des produits étalés pour uniformiser le séchage dans la masse.

2.4.1. Comparaison des méthodes de séchage

Technique de séchage	Avantages	Limites de technique	la Observations
-----------------------------	------------------	-----------------------------	------------------------

Séchage artificiel	<ul style="list-style-type: none"> - Facilité de contrôle - Applicable dans toutes les saisons 	- Coûte cher	-
Séchage naturel au soleil	<ul style="list-style-type: none"> - Accessible - Moins cher - Efficace 	- Difficultés d'apprécier le degré de séchage.	A préconiser aux paysans artisans

3.4.2. Ebullition, chauffage et pasteurisation

Ces techniques une fois faites sur certains produits, entraînent le changement biochimique (composition chimique des produits), ce qui permet une bonne conservation. Selon les produits, l'ébullition peut être suivie par le séchage avant la conservation.

Exemple :

- Les feuilles de manioc après l'ébullition se conservent pendant 6 mois
- La pasteurisation de lait.

3.4.3. Conservation par usage des produits chimiques

Certains produits peuvent être conservés par voies chimiques c'est le cas d'usage du chlorure de sodium dans la conservation de la viande et légumes frais, l'usage de l'acide citrique dans la conservation de la banane, l'usage des enzymes pour arrêter le mûrissement des bananes, etc.

3.5. Conservation des légumes

Les étapes de préparation conseillées sont à respecter surtout :

- ✓ Lavage
- ✓ Epluchage ou pillage
- ✓ Découpage des produits en morceaux
- ✓ Séchage

Paramètres à respecter

N°	Paramètres	Carottes	Haricot vert	Oignon	Choux	Tomate
1.	Teneur en eau initiale %	75	70	80	80	95
2.	Teneur en eau finale recommandée %	5	5	4	4	12
3.	Température maximale °C	75	70	55	55	65
4.	Rapport de séchage	1/10	1/8	1/10	1/18	1/10
5.	Critères de séchage	Cassant et croustillant	Cassant et foncé	-	Dur et cassant	Consistance du cuir
6.	Durée de conservation	12 mois	12 mois	12 mois	12 mois	

3.5.1. Effets /conséquences du séchage

Le séchage est très important dans la conservation des produits agricoles.
Cependant il faut conseiller ce qui suit :

- ✓ Température basse
- ✓ Humidité stabilisée
- ✓ Dessiccation à proscrire

Comment conserver par la chaleur

Il faut se souvenir de l'adage « **COOLING IS DRYING** »

Ainsi les procédés sont :

- ✓ Réfrigération, congélateur
- ✓ Chauffage
- ✓ Ebullition
- ✓ Stérilisation par la chaleur
- ✓ Séchage, Evaporation
- ✓ Dessiccation - Déshydratation

Comment conserver les fruits ?

Type de fruits	Température °C	Durée de conservation
1. Ananas immature	11-13	Semaine 2-4 Semaines 2-3
2. Ananas mûr	7,5	
3. Ananas très mûr	7-10	Semaines 3-4
4. Avocat	5-10	Semaines 2-4
5. Bananane	11-15	Semaines 1,5-3
6. Prunier	5,5-7	Semaines 4-5
7. Fraises	0	Semaine 5
8. Goyave	8-10	Semaines 2
9. Oranges	4-6	Mois 6
10. Citrons	11-15	Mois 1-4
11. Papaye	8,5-10	Semaines 1-2
12. Mangue	7-9	Semaines 7

Sources : Transformer les fruits tropicaux, CTA, Pays bas, 1995.

4.1. Introduction

La périssabilité de certains produits agricoles reste un défi à lever sur le plan de la conservation des produits destinés soit à la commercialisation qu'à la transformation.

Dans le milieu paysan du tiers monde, les appareils frigorifiques sont encore loin d'être accessibles par les producteurs.

Néanmoins, on peut cibler les technologies accessibles par les producteurs moyens, leur permettant de mettre leur produits en dehors de l'altération, telle que la chambre froide en charbon.

4.2. Principe de la technique/ Refroidissement par courant humide (Evaporation)

En principe, lorsqu'un courant d'air froid traverse une masse des produits, ces derniers se refroidissent au même degré que ce courant.

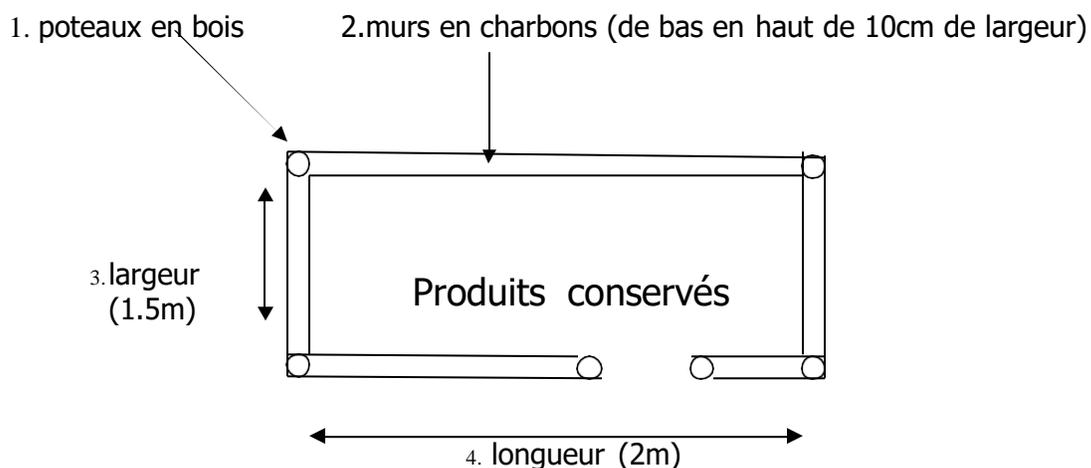
La technique prévoit un dispositif avec des murs en charbons, construits de façon à laisser pénétrer dans leurs interstices un courant d'air extérieur. Ce courant se refroidit du fait qu'il traverse le mur de charbons humides à la suite des arrosages réguliers (voir dispositif).

La température ambiante à l'intérieur du stock se baisse de 7 à 10°C, avec l'hygrométrie (Humidité de l'air) s'élevant à 85%.

Cette température étant idéale pour la conservation de la plupart des fruits et légumes, la technique permet de conserver environ **2 semaines** des produits en transit de commercialisation ou de transformation.

4.3. Dispositif et conduite de la technique

4.3.1. Dispositif



Autres mesures/dimensions

- ✓ Distance entre le toit et le mur en charbons : 10cm pour permettre une aération
- ✓ Hauteur des poteaux : 2m

Matériaux

- ✓ Murs porte en charbons avec les supports en treillis
- ✓ Sous pavement en pierres bien aplanies ou cimenté
- ✓ Toiture en herbes ou en tuiles les bois pour support

4.2.2. Conduite de la technique

- ✓ Arroser les murs (transvaser l'eau au-dessus du mur) au moins 2 fois par jour La fréquence d'arrosage et la quantité d'eau dépend de la saison.
- ✓ Faire un suivi régulier des produits conservés
- ✓ Il est préconiser de construire tout près d'eau pour faciliter l'arrosage.

N.B : Il vaut mieux de construire plusieurs stocks plutôt que de fausser les mesures(dimensions) recommandées.

4.3. Avantages et limites de la technique

TECHNIQUES	AVANTAGES	LIMITES
Chambres froides en charbons	<ul style="list-style-type: none">- Moins cher- Matériaux disponibles- Fabrication simple- Non-dépendance d'autres sources d'énergies- Technologie accessible dans le milieu paysan	<ul style="list-style-type: none">- Exigence d'eau- Exige un suivi régulier- Limites des dimensions- Stable
Congélateurs modernes	<ul style="list-style-type: none">- Appareil réglable- Conduite aisée- Déplaçable	<ul style="list-style-type: none">- Appareils énormément chers- Non fabricables localement- Dépendance de la source d'énergie- Technologie non accessible dans le milieu paysan

Bibliographie

- Abass, A.B., Asenge, E.S., Uzaribara, E. , Nduruguru G.T., Mulwa, R.M. and Apolot, S. 2014. Quality Assurance manual for Cassava Flour Processing: A Training Manual. ASERECA, Entebbe, Uganda. 33pp. Association for Strengthening Agricultural Research in Eastern and Central Africa (ASERECA)
- Didoes, A.B. Abass, W. K.A. Manawa and Masala. 2010. Quality Management manual for Production of High-quality cassava flour. Editors Gabriel O. Adage and Leon Brier. Publisher, International Institute of Tropical Agriculture
- Sanni L. O, B. Maziya-Dixon, J.N. Akanya, C.I. Okoro, Y.Alaya,C.V. Egwuonwu, R.U. Okechukwu, C.Ezednima, M. Akoroda, J. Lemchi, F.Ogbe, E.Okoro, G. Tarawali, J.Mkumbira, M. Patino, G.Ssemakula and A.Dixon. 2005. Standards for cassava products and guidelines for export. IITA, Ibadan Nigeria.
- FAO (1989). Norme CODEX pour gari. CODEX STAN 151-1989. Codex Standard 151 1989 Adopté 1989. Révision 1995. Amendement 2013.
- FAO (2013) NORME CODEX POUR LE MANIOC DOUX1 (CODEX STAN 238-2003) CODEX STAN 238 Page 1 de 4 Amendement 2005, 2011, 2013.
- FAO (2013) NORME DU CODEX POUR LA FARINE COMESTIBLE DE MANIOC CODEX STAN 176-1989 revision 2013
- L.Sanni, B.Maziya-Dixon, A.O. Onabulu, B.E. Arowasafe, A.E. Okoruwa, R.U Okechukwu, A.G.O. Dixon, A.D.I. Waziri, P. Ilona, C. Ezedimma, G. Ssemakula, J. Lenchi, M.Akoroda, F. Ogbe, G. Tarawali, E.Okoro et C.Geteloma, 2007. Recette de manioc pour la sécurité alimentaire du ménage. IITA. Integrated Cassava Project, Ibadan, Nigeria.
- Sanni L. O., B. Maziya-Dixon, J. N. Akanya*, C. I. Okoro*, Y. Alaya*, C. V. Egwuonwu *, R. U. Okechukwu, C. Ezedinma, M. Akoroda, L. Lemchi, F. Ogbe, E Okoro, G. Tarawali, J. Mkumbira, M. Patino, G. Ssemakula and A. Dixon.2005. Standards for cassava products and guidliness for exports.IITA, Ibadan,Nigeria
- Nweke F., (2004). New challenges in the cassava transformation in Nigeria and Ghana. EPTD Discussion paper no. 118. International Food Policy Research Institute 2033 K Street, NW Washington, D.C. 20006 USA www.ifpri.org June 2004. <http://www.google.cd/url?q=http://www.ifpri.org/sites/default/files/pubs/events/conferences/2003/120103/papers/paper8.pdf&sa=U&ei=O46cU8uIGpKY0QX164CQDg&ved=0CBMQFjAA&usg=AFQjCNFqMb0AGzpFPNiNiAG4dIUSAcMGXQ>, (refereed to 14 June 2014)
- Onabolu, **Abass** and Bokanga 1998. **Cassava** Utilization: **Gari**, Fufu flour, High quality **cassava** flour Tapioca Lafun Kpokpogari Glucose syrup Glue ... (Source) Natural drying. cassavabiz.org/postharvest/hqcf01.htm (July 1st ,2014)
- Tewe O.O and N.B. Lutaladio.2004. Cassava for animal feed in Sub Saharan Africa. The global cassava development strategy. IFAD and FAO.