



Precis technique sur les farines composees

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE DES NATIONS UNIES

Application des techniques existantes

Commission Economique pour l'Afrique

Addis-Abeba
1985

Droits d'auteur

La reproduction totale ou partielle, sur support numérique ou sur papier, de cet ouvrage pour usage personnel ou pédagogique est autorisée par la présente, sans frais ou sans qu'il soit nécessaire d'en faire une demande officielle, à condition que ces reproductions ne soient pas faites ou distribuées pour en tirer un bénéfice ou avantage commercial et que cet avis et la

citation complète apparaissent à la première page des dites reproductions. Les droits d'auteur pour les éléments de cet ouvrage qui sont la propriété de personnes physiques ou morales autres que la FAO doivent être respectés. Toute autre forme de reproduction, de republication, d'affichage sur serveurs électroniques et de redistribution à des listes d'abonnés doit faire l'objet d'une permission préalable expresse et/ou du paiement de certains frais.

Adresser les demandes d'autorisation à publier à:

Le rédacteur en chef
FAO, Via delle Terme di Caracalla
00100 Rome, Italy
adresse e-mail: copyright@fao.org

Table des matières

[Avant-propos](#)

[Abréviations, contractions et acronymes](#)

[Chapitre I - Introduction](#)

Chapitre II - Le concept de farines composées

2.1 La mouture

2.2 Enrichissement des farines composées

2.3 Utilisation des farines composées

Chapitre III - Caractéristiques des céréales autres que le blé et du manioc

3.1 Sorgho et mil

3.2 Le maïs

3.3 Caractéristiques du manioc

Chapitre IV - Transformation artisanale des céréales autres que le blé et du manioc

4.1 Sorgho et maïs

4.2 Le manioc

4.3 Matériel de mouture des céréales

4.4 Matériel de broyage du manioc

Chapitre V - Transformation industrielle des céréales autres que le blé et du manioc

[5.1 Systèmes de transformation du sorgho, du mil et du maïs](#)

[5.2 Systèmes de transformation du manioc](#)

[5.3 Activités industrielles](#)

[5.4 Fournisseurs de matériel pour transformation de céréales](#)

[5.5 Fournisseurs de matériel de transformation du manioc](#)

[Chapitre VI - Utilisation des produits de mouture](#)

[6.1 Produits à base de farines composées](#)

[6.2 Les aliments traditionnels](#)

[Chapitre VII - Cuisson-extrusion de farines enrichies pour la production d'aliments de sevrage](#)

[7.1 Le procédé de cuisson-extrusion](#)

[7.2. Essais d'extrusion d'aliments de sevrage](#)

[7.3 Installation pilote de production et équipements](#)

[Chapitre VIII - Conclusions et recommandations](#)

[8.1 Conclusions](#)

[8.2 Recommandations](#)

[Sources d'information supplémentaires](#)

[Références bibliographiques](#)

[Comptes-rendus d'ateliers](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Avant-propos

[Table des matières](#) - [Suivante](#)➤

Copyright (c) Commission Economique pour l'Afrique des Nations Unies, 1985. Tous droits réservés. La reproduction, en tout ou partie, de cette publication, son stockage dans un système d'information documentaire et sa transmission sous toute forme et par quelque moyen que ce soit: électronique, électrostatique, bande magnétique, mécanique, photocopie ou autres sont interdits sans l'autorisation écrite de la Commission Economique pour l'Afrique des Nations Unies, seule détentrice des droits.

Page de couverture: Panier rempli de pains de mil avec, en arrière plan, le profil de Dakar découpé sur le ciel (Photo: FAO).

Page de garde: Poulet rôti garni de sorgho perlé la place de riz (Photo: **FAO**)

Publié par la Commission Economique pour l'Afrique des Nations Unies, Africa Hall, Addis-Abeba, Ethiopie.

Imprimé par PUDOC. Wageningen Pays-Bas.

Collaborateurs

Mme Abigail ANDAH, Food Research Institute, Accra, Ghana

Melle Sitt E. BADI, Food Research Centre, Khartoum, Soudan

Mr Paul BURENG, Food Research Centre, Khartoum, Soudan

Mr Joatham KAPASI-KAKAMA, Kenya Industrial Research and Development Institute (KIRDI), Nairobi, Kenya

Mr Jong Chol KIM, Institute for Cereals, Flour and Bread, TNO, Wageningen, PaysBas

Mr Hamis LUKOO, Tanzania Food and Nutrition Centre, Dar-es-Salaam. Tanzanie

Mr Jean-Claude MICHE, Laboratoire de Technologie des Céréales IRAT-INRA, Montpellier, France

Mr John F.OKORIO, United Nations Economic Commission for Africa, JID. Addis Abeba, Ethiopie

Mr Harald PERTEN, Böhler Frères S. A., Uzwil, Suisse

Mr Peter SLUIMER, Institute for Cereals, Flour and Bread, TNO, Wageningen, PaysBas

Mr Abdul Aziz THIAM, Institut de Technologie Alimentaire, Dakar, Sénégal

Mr Bossa Marcellin VLAVONOU, United Nations Economic Commission for Africa, JID, Addis-

Abeba, Ethiopie

Membres du comit  de rédaction

Mme Abigail ANDAH, Senior Research Officer, Food Research Institute, Accra, Ghana

Mr Babiker BASHIR, Director, Food Research Centre, Khartoum. Soudan

Mr Jong Chol KIM, Senior Research Officer, Institute for Cereals, Flour and Bread, TNO, Wageningen, Pays-Bas

Mr Hamis Mohamed LUKOO, Chief Food Scientist, Tanzania Food and Nutrition Centre, Dar-es-Salaam, Tanzanie

Mr John F. OKORIO, Consultant, United Nations Economic Commission for Africa (UNECA/JID), Addis-Abeba, Ethiopie

Mr Bossa Marcellin VLAVONOU, Project Officer, United Nations Economic Commission for Africa (UNECA/JID), Addis-Abeba, Ethiopie

Editeur Technique :

Dr Norman L. KENT, ancien Collaborateur de "Flour Milling and Baking Research Association," Chorleywood, Hertfordshire, Angleterre, et jadis consultant pour les céréales du Comité

pour les Céréales et les Légumineuses du Codex Alimentaire de la FAO.

Traduit de l'anglais par:

Mr. Jean-Claude MICHE, ancien Directeur du Laboratoire de Technologie des Céréales, IRAT, Montpellier, France.

Fabricants de matériel

La liste des fabricants de matériel mentionnés dans le texte n'est pas exhaustive: faute de place, seuls quelques-uns d'entre eux ont été mentionnés, sans que cela implique pour autant une recommandation ou une préférence de la Commission Economique pour l'Afrique.

Remerciements

Nos remerciements pour l'autorisation de reproduire des photographies vont à Mr J.C. MICHE (Fig. 24), Mr H. PERTEN (Figs. 1, 2, 27, 28, 29), CEA, AddisAbeba (Figs. 13, 14, 15, 16), FAO, Rome (Page de couverture et page de garde (Figs. 12, 19, 25, 26, 30) et ITA, Dakar, Sénégal (Figs. 3, 4, 5, 6, 7). Nos remerciements s'adressent également à l'Institut des Céréales, de la Farine et du Pain TNO, Wageningen, Pays-Bas, qui a redessiné certains diagrammes.

Dans ses résolutions 3201 (S-IV) et 3202 (S-VI), l'Assemblée Générale des Nations Unies a adopté, au cours de sa Sixième Session Spéciale tenue en Mai 1974, une déclaration et un

programme d'action relatifs à l'établissement d'un Nouvel Ordre Economique International, selon lesquels tous les efforts devraient être entrepris par la communauté internationale pour accélérer le développement. Ces résolutions ont insisté sur la nécessité, pour les pays en développement, d'utiliser des technologies appropriées en vue de promouvoir la production et l'utilisation des matières premières locales dans leurs opérations de développement.

Dès son origine, la Commission Economique pour l'Afrique des Nations Unies (ONUCEA) a reconnu le rôle primordial joué par la transformation des aliments dans l'obtention de l'autosuffisance alimentaire. La possibilité de fournir aux Etats Membres des informations sur les "Technologies existantes et applicables" en matière de transformation des céréales, légumineuses, plantes racines et tubercules locales en vue de leur utilisation en panification et dans la préparation de plats traditionnels africains revêt une importance capitale qui n'a pas échappé à l'ONUCEA. Cette possibilité s'est trouvée à l'origine du projet de rédaction d'un "Précis Technique".

La publication de ce précis technique sur les Applications des Technologies existantes dans les industries meunières et boulangères a été demandée par la Cinquième Conférence des Ministres Africains de l'Industrie, qui s'est tenue à AddisAbeba, en Ethiopie, du 17 au 20 octobre 1979.

Les fonds nécessaires à la rémunération des auteurs, des consultants et d'autres services ayant conduit à la publication de cet ouvrage ont été fournis à la Commission Economique

pour l'Afrique des Nations Unies par le Gouvernement hollandais ♦ la suite d'accords bilat♦aux de coop♦eration technique conclus en 1982.

Bien des technologies d♦crites dans ce dossier technique, notamment celles qui ont trait ♦ la mouture industrielle du mil et du sorgho et ♦ l'emploi de leurs produits ont ♦t♦ d♦velopp♦s par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Le "programme de farines compos♦es", mis en oeuvre en 1964 pour tenter d'utiliser d'autres farines que les farines de bl♦ en boulangerie et en pastification, visait essentiellement ♦ stimuler le d♦veloppement de la produc tion agricole locale et ♦ ♦conomiser des devises ♦trang♦eres dans les pays fortement importateurs de bl♦.

Des recherches intensives, parrain♦es par la FAO, ont ♦t♦ conduites durant les vingt derni♦res ann♦es en coop♦eration ♦troite avec l'Institut des C♦r♦ales, de la Farine et du Pain (TNO) ♦ Wageningen, aux Pays-Bas, ainsi qu'avec l'Institut des Produits Tropicaux (ex TPI) ♦ Londres en Grande-Bretagne. Au vu de r♦sultats encourageants obtenus par diff♦rents laboratoires de recherche europ♦ens quant aux possibilit♦s de d♦veloppement de produits nouveaux ♦ base de farines compos♦es, la FAO a poursuivi pendant 15 ans ses efforts de recherches et de d♦veloppement en Afrique o♦ elle a install♦ des unit♦s pilotes de mouture et a conduit des ♦tudes de march♦ avec l'assistance financi♦re du Programme des Nations-Unies pour le D♦veloppement (PNUD) et avec la participation active des Gouvernements du Niger, du S♦n♦gal et du Soudan. La construction de minoteries industrielles dans ces trois pays et l'exp♦rience acquise en boulangerie ♦ la suite des projets de la FAO repr♦sentent un investissement important et une preuve de confiance dans l'avenir qui pourrait bien servir de

modèle pour d'autres pays voisins.

En permettant aux entrepreneurs africains d'utiliser les technologies existantes, le Précis a pour objectif de contribuer à la croissance économique et au bien-être social des Etats Africains, de même que d'atteindre l'autosuffisance alimentaire, particulièrement en ce qui concerne les céréales, les plantes à racines et tubercules ainsi que les légumineuses. Le Précis est un guide d'informations opérationnelles à l'adresse des ingénieurs et des techniciens travaillant dans les laboratoires, dans les minoteries et les boulangeries ainsi que dans les instituts de recherches alimentaires.

Il est également destiné à rendre service aux gestionnaires et aux formulateurs de projets des secteurs publics et privés, que ce soit pour leur permettre d'évaluer sainement des projets ou de prendre des décisions en ce qui concerne la planification des projets portant sur l'utilisation de farines composées dans la préparation de spécialités alimentaires africaines ou en boulangerie.

Cet ouvrage traite aussi bien de certains aspects fondamentaux que des applications technologiques de farines composées en meunerie et en boulangerie. Il est donc destiné à servir les intérêts des techniciens travaillant en usine ainsi que ceux des investisseurs potentiels.

Les détails scientifiques de base, que l'on peut trouver par ailleurs dans des ouvrages et des revues spécialisées en science et en technologie alimentaire, ont été réduits au minimum.

Je voudrais saisir cette occasion pour exprimer ma sincère gratitude au Gouvernement des Pays-Bas pour sa contribution à la préparation de cet important document technico-économique.

Adebayo Adedeji

Secrétaire Exécutif

Commission Economique pour l'Afrique

Abréviations, contractions et acronymes

Abréviations et contractions

| | |
|-----|------------------------------------|
| °C | Degré Celsius |
| CEP | Coefficient d'efficacité protéique |
| cm | Centimètre |
| CSL | Stéaroyl lactylate de calcium |
| CV | Cheval vapeur |
| °F | Degré Fahrenheit |
| g | Gramme |
| | |

| | |
|--------|---|
| gal | Gallon |
| GMS | Monostarate de glycyle |
| ha | Hectare |
| h | Heure |
| kg | Kilogramme |
| km | Kilomtre |
| kW | Kilowatt |
| l | Litre |
| lb | Livre |
| m | Mtre |
| min | Minute |
| mm | Millimtre (10 ⁻³ m) |
| μ m | Micromtre (10 ⁻⁶ m) |
| N | Azote |
| pH | Logarithme n ^g atif de la concentration en ions d'hydrog ^{ne} |
| p.p.m. | Parties par million |
| R & D | Recherche et D ^{veloppement} sec Seconde |

SSL

Stéaroyl lactylate de sodium

Acronymes

| | |
|-------|---|
| ABI | Abidjan Industrie, Côte d'Ivoire |
| CEA | Commission Economique pour l'Afrique, Addis Abeba, Ethiopie |
| CRDI | Centre de Recherches pour le Développement International, Ontario, Canada |
| FAO | Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie |
| FRC | Food Research Centre, Khartoum, Soudan |
| ITA | Institut de Technologie Alimentaire, Dakar, Sénégal |
| I2T | Société Ivoirienne de Technologie Tropicale, Abidjan, Côte d'Ivoire |
| ONUDI | Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel, Vienne, Autriche |
| t/mn | Tours par minute |
| to | Tonne, 1000 kg |
| % | Pour cent (p. 100) |
| RIIC | Rural Industries Innovation Centre, Gaborone, Botswana |

| | |
|----------|--|
| SISMAR | Société Industrielle Sahélienne de Mécaniques de Matériaux Agricoles et de Représentations, Prout, Sénégal |
| SITRAMIL | Société Industrielle de Transformation du Mil, Zinder, Niger |
| USAID | United States Agency for International Development, Washington. DC. USA |

Chapitre I - Introduction

I. L'un des objectifs de ce manuel technique sur les technologies applicables des projets de développement des industries ciblées est d'attirer l'attention des Etats membres sur l'énorme potentiel qui existe en matière de transformation industrielle des céréales secondaires et des plantes racines et tubercules telles que le sorgho, le mil, le manioc et le manioc. Ce potentiel a été mis en évidence par les travaux de recherches et de développement conduits par des organismes comme l'Institut de Technologie Alimentaire (Sénégal), le Food Research Centre (Soudan), et le Kenya Industrial Research and Development Institute, pour ne mentionner que ceux-ci. Les visites faites respectivement par Mr. Nemeiry, ancien Président du Soudan, à l'exposition de Khartoum (Fig. 1), ainsi que par le Dr. Kurt Waldheim, ancien Secrétaire Général des Nations Unies et par Mr. Alexandrenne, Ministre de l'Industrie (Sénégal), à l'ITA de Dakar au Sénégal (Fig. 2), témoignent de l'intérêt porté à ces recherches.

2. Il convient de noter qu'actuellement l'Afrique ne constitue pas l'une des principales régions

productrices de blé dans le monde. Toutefois, l'obligation de satisfaire une demande accrue de blé et de pain constitue un problème d'une acuité croissante. Par exemple, les importations de blé et de farine de blé en Afrique ont connu un taux annuel de croissance de 12 p. 100 en quantité, passant de 4,1 millions de tonnes en 1970 à 16,1 millions de tonnes en 1982. Dans le même laps de temps, le taux de croissance annuel, en valeur, a été de 20 p. 100 (400 millions de \$ US en 1970 à 3386 millions de \$ US en 1982). Cet accroissement annuel des importations de blé implique des sorties considérables de devises pour les pays dont les disponibilités monétaires sont limitées.

3. Cependant, le mil et le sorgho sont des cultures vivrières dans plusieurs pays d'Afrique où le climat chaud et sec n'autorise pas la culture du blé. Ceci est particulièrement vrai pour les pays situés au sud du Sahara, où le mil et le sorgho représentent plus de la moitié de la consommation alimentaire. L'exploitation industrielle des productions locales de céréales, de plantes à racines et tubercules et de légumineuses, en vue de leur utilisation dans la fabrication industrielle de spécialités traditionnelles africaines, semble donc devoir constituer un objectif tout à fait légitime.

Grâce aux efforts de recherches accomplis dans différents pays d'Afrique, la production industrielle de farines de bonne qualité à partir de ces productions végétales est désormais possible, et des réalisations techniques remarquables ont ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine de la transformation industrielle des productions vivrières locales.

4. L'obtention de farine de mil ou de sorgho passe normalement par l'élimination des

téguments extérieurs: le son. La méthode traditionnelle consiste à piler les grains dans un mortier avec un pilon. Le pilonnage manuel est une technique longue et pénible dont le rendement horaire n'est que d'environ 1-3 kg. Dans certains cas, les grains sont humidifiés à 30-40% d'humidité, ce qui facilite le décorticage mais engendre une légère fermentation de la farine. Bien que l'aptitude à la conservation soit affectée par la fermentation, ce type de farine est souvent appréciée des consommateurs. La mouture manuelle a donc pour premier objet l'élimination du son et des couches pigmentées. En second lieu, les grains décortiqués sont progressivement réduits en farine par pilonnage, avec des tamisages intermittents, pour utilisations diverses.

5. La littérature scientifique des années 1960 fait état de nombreuses tentatives visant à trouver des méthodes de mouture de mil et de sorgho. Plusieurs essais de laboratoire ont été entrepris à cette époque en vue de moudre du mil et du sorgho destinés à la consommation humaine. La plupart de ces essais ont été réalisés sur des grains préalablement conditionnés avant décorticage et/ou avant mouture. Mais les idées avancées dans ces travaux n'ont pas eu d'applications industrielles immédiates.

6. Afin d'améliorer les méthodes traditionnelles de transformation des céréales, la FAO a entrepris, dans les années 1970, une étude fondée sur une collaboration internationale en vue de déterminer quels seraient les meilleurs équipements susceptibles de préparer des farines de mil et de sorgho de bonne qualité en deux opérations séparées de décorticage et de mouture. A cette fin, des échantillons de 50 kg de mil et de sorgho furent envoyés à douze collaborateurs dans dix pays (laboratoires de recherche, universités et fabricants de matériel).

Ils utilisèrent leurs méthodes et leurs matériels respectifs pour décortiquer et mouliner ces céréales et renvoyèrent les grains décortiqués et les farines aux fins d'analyses quantitatives et d'évaluation qualitative. Des informations détaillées sur les équipements utilisés furent également communiquées à la FAO. Ces informations furent d'une grande utilité lors de l'étude de la minoterie pilote de sorgho installée au Soudan.

7. Tandis que le son de blé tendre demeure intact et peut être éliminé par tamisage, le son du sorgho et du mil, très friable, se pulvérise en une poudre fine qu'il est ensuite difficile de séparer de la farine par tamisage. Ce phénomène a revêtu une importance capitale dans le développement des techniques de mouture du mil et du sorgho. Il en résulte que la technologie de mouture du blé ne peut pas être appliquée telle quelle et de manière satisfaisante à la mouture du mil et du sorgho; ces grains exigent la mise en œuvre d'une technologie particulière visant tout d'abord à décortiquer les grains jusqu'à un taux déterminé, puis à mouliner les grains décortiqués dans un deuxième temps.

8. Par rapport à l'utilisation exclusive du blé, les avantages d'une production et de l'utilisation de farines issues de céréales, de racines, de légumineuses et de tubercules indigènes résultent des considérations économiques et des justifications suivantes:

- a. Réduction de la dépendance des importations de blé, ce qui représente des économies substantielles de devises étrangères, pouvant atteindre annuellement 400 millions de dollars pour l'ensemble de l'Afrique;

b. Expansion des industries céréalières utilisant des matières premières alimentaires locales;

c. Accroissement de l'investissement industriel et, corrélativement, de l'emploi;

d. Autosuffisance alimentaire accrue;

e. Sécurité alimentaire accrue en période de réduction des importations de blé ou de réduction de la production vivrière locale;

f. Amélioration possible du niveau nutritionnel par addition de farines de légumineuses riches en protéines (soja) et des farines de céréales relativement pauvres en protéines, notamment de la farine de maïs.

Chapitre II - Le concept de farines composées

9. Le programme des farines composées a pour principal objectif l'utilisation des matières premières locales pour fabriquer des produits alimentaires de haute qualité par des moyens économiques. Dans bien des cas, cela implique la substitution partielle du blé par d'autres farines dans les produits de boulangerie. Cependant, la substitution partielle d'un aliment de base dans les différents régimes nationaux est également envisageable et cela est particulièrement le cas en Afrique. Ainsi, la substitution partielle d'un aliment de grande

consommation par des farines d'une ou plusieurs céréales, ou par une farine de manioc, ou de protéagineux, confère une plus grande flexibilité aux programmes de farines composées et peut contribuer à diversifier et à valoriser la production vivrière locale. Le degré de substitution et les types de substitution réalisés peuvent également varier d'une année à l'autre en fonction des disponibilités locales en matières premières et du type de produits désirés. Les principales cultures vivrières africaines susceptibles d'être utilisées dans les farines composées sont le mil, le sorgho, le maïs, le riz et le manioc. Une indépendance accrue vis-à-vis des importations de blé conduit à des économies de devises étrangères.

2.1 La mouture

10. Un programme de farines composées n'est viable que si l'industrie meunière est capable de produire des quantités suffisantes de farines de haute qualité à partir des productions végétales locales. Il est recommandé de localiser les moulins à maïs, sorgho, mil, riz, etc. à proximité d'une minoterie de blé, de telle sorte que le mélange des différentes farines locales avec la farine de blé puisse être réalisé par la minoterie de blé avant distribution aux divers utilisateurs. Les différentes céréales doivent être moulues de manière différente. La farine de blé est normalement obtenue à l'aide de cylindres, le taux d'extraction se situant entre 73 et 85%. Elle peut être utilisée dans la fabrication de pain, de biscuits, de pâtes, ainsi qu'à des fins ménagères. Le riz est généralement décortiqué puis blanchi sur des canes de rizerie avant d'être utilisé par les ménagères. La farine de riz destinée à entrer dans la composition d'une farine composée peut être obtenue en broyant

des grains blanchis ou des brisures de riz blanchi dans des moulins à percussion ou à cylindres. Contrastant avec ces procédés relativement sophistiqués, les procédés actuels de mouture mis en oeuvre pour obtenir des farines ménagères de maïs, de sorgho ou de mil font normalement appel aux moulins à percussion. Ces appareils n'autorisent qu'un décorticage et un dégermage partiel, voire inexistant. Les farines ainsi obtenues sont impropres à la confection de pain, de pâtes ou de biscuits à partir de farines composées. De nombreuses tentatives ont été faites en vue d'améliorer la technologie de mouture des mils et des sorghos. Des progrès considérables ont été obtenus à l'échelon pilote, permettant l'obtention de farines de mil et de sorgho de haute qualité.

11 La première caractéristique importante d'une farine est sa granulométrie, qui doit être voisine de celle de la farine de blé, de préférence inférieure à 130 microns, de façon à empêcher une séparation durant le transport et le stockage. Les farines locales peuvent être mélangées à la farine de blé dans des mélangeurs spéciaux verticaux et coniques ou dans des mélangeurs horizontaux à tambour.

12. Lorsque la farine composée est destinée à la fabrication de biscuits, le taux de substitution de la farine de blé dépend de la méthode de fabrication utilisée, à savoir des méthodes de dressage, de façonnage, de découpage. Pour les biscuits fabriqués par dressage et par façonnage, un taux de substitution allant jusqu'à 80 p. 100 est possible sans altérer sérieusement la qualité des biscuits obtenus. Mais il ne faut pas dépasser un taux de substitution de 20 p. 100 pour garantir une qualité acceptable des biscuits fabriqués par découpage à la rotative (biscuits semi-durs). En général, l'addition de blé à une farine

d'autre origine accroît le besoin en eau de la pâte L'addition de lecitine améliore la machinabilité de la pâte dans la rotative Les biscuits peuvent être fabriqués dans les installations existantes, sans modification ou addition de matériels.

2.2 Enrichissement des farines composées

13 L'addition des farines de substitution à la farine de blé affecte la valeur nutritive des produits finis La farine de blé panifiable contient en général de 10 à 14 p 100 de protéines (à 15 p. 100 d'humidité). La teneur moyenne en protéines des farines de céréales secondaires citées précédemment se situe entre 8 et 10 p. 100, mais elle est considérablement plus faible pour le manioc (1,5 p. 100). La substitution partielle de la farine de blé avec une autre farine abaisse donc légèrement la teneur en protéines Etant donné que les protéines des céréales sont déficientes en lysine, il convient de choisir une farine relativement riche en lysine si l'on désire améliorer la qualité nutritionnelle de la farine composée, par exemple une farine d'oléagineuse

14. Les farines de graines oléagineuses sont souvent utilisées comme source protéique dans les farines composées: la farine de soja, entière ou délipidée, a été très largement utilisée Les farines d'arachide, de graines de coton ou de sésame sont également utilisables Les produits laitiers et les concentrats protéiques de poisson constituent d'autres sources de protéines Les teneurs en protéines de ces différentes farines sont données dans la table ci-dessous:

| | protéines p. 100 |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Farine entière de soja | 40 |
| Farine de soja délipidée | 52 |
| Concentrat protéique de soja | 70 |
| Isolat protéique de soja | 90 |
| Farine de coton délipidée | 60 |
| Farine d'arachide délipidée | 45 |
| Farine de sésame délipidée | 56 |
| Poudre de lait crémé | 36 |
| Concentrat protéique de poisson | 80 |

15. Les farines à haute teneur en protéine ne doivent pas contenir de substances nocives, par exemple un inhibiteur trypsique dans la farine de soja ou du gossypol dans la farine de coton. Elles doivent avoir un goût neutre et une couleur de préférence blanche. La solubilité de leurs protéines constitue un critère important de leur utilité. Les farines à haute teneur en protéines solubles ont un effet dépressif sur la qualité boulangère et biscuitière ainsi que sur la qualité de cuisson des pâtes, ce qui n'est pas le cas des farines similaires à faible pourcentage en protéines solubles.

16. En général, les caractéristiques boulangères et le goût des produits issus de farines riches en protéines sont inférieurs à ceux des produits issus de farines riches en amidon. Aussi bien le degré de substitution à l'aide de farines riches en protéines est-il inférieur à celui des farines amylacées.

17. Les farines protéiques peuvent être utilisées à des fins diverses:

a. pour améliorer la qualité nutritionnelle des farines composées dans le cas où ces dernières contiennent des farines pauvres en protéines. Ceci est particulièrement le cas si l'on utilise des farines de manioc, mais c'est également vrai en cas d'utilisation de céréales secondaires de substitution L'addition de farines de protéagineuses accroît alors la teneur en protéines de la farine composée. Par ailleurs, les graines protéagineuses sont pauvres en acides aminés soufrés tandis que les céréales sont pauvres en lysine; en mélangeant les deux farines, on rééquilibre la balance des acides aminés et l'on accroît donc la qualité protéique de la farine composée.

b. pour fabriquer des produits riches en protéines et de longue conservation, comme les pâtes et les biscuits On peut ainsi fabriquer des pâtes ou des biscuits contenant 15 à 20 p 100 de protéines à partir de farine de soja délipidée, de concentrats protéiques, de protéines de coton ou de lait écrémé.

[Table des matières](#) - [Suivante](#) >

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

2.3 Utilisation des farines composées

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#) >

18. Les [farines composées ont été utilisées par l'industrie cerialière dans de nombreuses parties du monde. Du pain, des pâtes, des biscuits fabriqués à partir de farines composées ont été bien acceptés des consommateurs (voir également Chapitre VI) On trouvera ci-après quelques exemples typiques sur la manière dont ces produits peuvent être fabriqués

19. Les procédés de panification des farines composées peuvent utiliser le matériel de boulangerie traditionnel. En boulangerie, le degré de substitution est limité par le seuil d'altération de la qualité du pain obtenu. Cette altération dépend du type de farine utilisée. On trouve Table I des degrés possibles de substitution à l'aide de farines autres que le blé. L'addition de quantités supérieures à ces données pourra nécessiter l'usage d'améliorants ou une modification du procédé de panification. Le degré de substitution dépend également de la farine de blé utilisée. Des blés de force admettront un taux de substitution plus élevé que des blés de faible valeur boulangère.

Table 1: Types de farines de substitution utilisées et degré possible de substitution (en p. 100¹)

| Sorgho | Mil | Maïs | Riz | Farine de Manioc (mouture sèche) | Fécule de Manioc (Féculerie) |
|--------|-------|-------|-------|----------------------------------|------------------------------|
| 15-20 | 15-20 | 20-25 | 25-30 | 20 | 30 |

1) p. 100 poids de farine composée

2.3 1 Pain

20. Les recettes les méthodes de production et les analyses de coûts relatives à la fabrication de pains au sorgho, au mil, au maïs, et au manioc sont données en détail au Chapitre VI, paragraphe 6 1. 1. 1. (alinéas 140-156).

21. La formulation et le procédé de fabrication d'un pain à base de farines composées de blé, maïs, et soja sont donnés en exemple Table 2.

Table 2: Pain de blé-maïs-soja: formulation et procédé

Formulation

| | Parties (p. 100 poids farine) |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Farine de blé | 80 |
| Farine de maïs d'orge | 17 |
| Farine de soja délipidée | 3 |
| Levure pressée | 2 |
| Sel | 2 |
| Sucre | 4 |
| Stéaroyl lactylate de calcium | 1 |
| Eau | 50-60 ¹⁾ |

Procédure

| | |
|-------------------------------|--------|
| Pétrissage (Pétrin Artofex) | 10 min |
| Première fermentation | 35 min |
| Rabattement de la pâte | - |
| Seconde fermentation | 15 min |
| Division | |

| | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Apprêt intermédiaire Façonnage | 20 min |
| Apprêt final | environ 60 min ²⁾ |
| Température de la pâte | 82.4°F (28°C) |
| Température d'apprêt | 85°F (30°C) |
| Température de cuisson | 30 min ³⁾ |
| Température du four | 446°F (230°C) |

1) Dépend du pouvoir absorbant de la farine

2) Dépend du degré d'évolution du gaz carbonique dans la pâte

3) Pour des pains moulés de 800 g

2.3.2 Biscuits et petits gâteaux secs

22. Des formulations de biscuits et de gâteaux secs composés de farines de blé, de riz et de soja délipidés sont données Table 3. L'addition de farine de soja délipidé accroît la teneur en protéines de plus de 12 p 100 par rapport à celle des biscuits de farine de blé pur dont la teneur en protéines ne dépasse pas 8 p. 100. Voir également paragraphe 6.1.1.2. (alinéas 157-158).

Table 3 Formulations de biscuits et de gâteaux secs fabriqués à partir de farines composées

contenant de la farine de riz et de la farine de soja d'lipide (parties pondérales)

| Composants | Procédé de fabrication | | |
|--------------------------------|------------------------|----------|----------|
| | Découpage | Façonage | Dressage |
| Farine de blé tendre | 800 | 300 | 170 |
| Farine de riz | 150 | 400 | 500 |
| Farine d'lipide de soja | 50 | 300 | 330 |
| Matière grasse | 150 | 200 | 480 |
| Sucre cristallisé | 300 | 300 | 500 |
| Sirop de glucose ¹⁾ | 20 | 20 | 20 |
| Sel | 10 | 10 | 15 |
| Eau | 180 | 250 | 280 |
| Levure | 30 | 23 | 20 |

1) Pour une production réduite, le sirop de sucre inverti peut être préparé en faisant bouillir pendant environ une heure 80 parties de sucre 30 parties d'eau, quelques gouttes de citron ou de limon.

2 3 3. Pêtes alimentaires

23. La semoule de blé dur additionnée de farine de maïs, et de farine de soja délipidée constitue une farine composée susceptible de donner de bonnes pâtes alimentaires - voir paragraphe 6. 1.2 (alinéas 162-169). A titre d'exemple, la formulation d'une farine composée apte à fournir des macaroni de bonne qualité est donnée Table 4.

Table 4: Exemple de formulation de macaroni

| | Parties pondérales |
|--------------------------|--------------------|
| Semoule de blé dur | 30 |
| Farine de maïs | 40 |
| Farine de soja délipidée | 30 |

24. Ces matières premières ont été mélangées en discontinu dans un pétrin. Le mélange a été transféré dans le premier pétrin d'une presse Braibanti de type Zambra (capacité 30 kg/h), sous hydratation continue. L'absorption d'eau s'élevait à 27-30 p. 100 du poids total de farine mise en jeu. La farine hydratée a été ensuite transférée dans le second pétrin de la presse avant extrusion. Les pâtes fraîches, sectionnées à 3 cm de longueur à la sortie de la tête d'extrusion, ont été ensuite séchées en trois temps: dans un premier séchoir destiné à sécher les macaroni en surface, dans un deuxième séchoir maintenu à une température de 40°C (104°F), puis dans un séchoir final à 47°C (117°F). La durée totale du séchage était d'environ 10 heures.

25. La teneur en protéines des macaroni atteignait environ 23 p. 100 matière sèche (N x 6,25). La durée de cuisson était d'environ 20 minutes, les pertes à la cuisson atteignant approximativement 11,5 p. 100.

Figure 1 L'ancien Président du Soudan, Mr Nemeyri, goutant du pain du sorgho lors d'une exposition sur l'alimentation à Khartoum, Soudan. (Photo: Mr. H. Perten).

Figure 2 L'ancien Secrétaire Général des Nations Unies, Dr. Kurt Waldheim, visitant l'ITA à Dakar, Senegal (1973). (Photo: Mr. H. Perten).

Figure 4. Pains de farine composée contenant 85% de blé et de 15% de mil (Photo: ITA).

Figure 5. Pains de farine composée contenant 70% de blé et de 30% de mil (Photo: ITA).

Figure 6. Pains de farine composée contenant 85% de blé et de 15% de maïs (Photo: ITA).

Figure 7. Pains de farine de blé pur (Photo: ITA).

Figure 27. Pains de sorgho (blé 70%, sorgho 30%) faits à l'ITA, Dakar Sénégal. (Photo: Mr. H. Perten).

Figure 27. Pains contenant du blé et du mil réalisés à la boulangerie expérimentale de l'ITA, Dakar Sénégal. De gauche à droite: blé 100%; blé 90% et mil 10%; blé 80% et mil 20%; blé 70% et mil 30%; blé 60% et mil 40%. (Photo: Mr. H. Perten).

Chapitre III - Caracteristiques des c?r?ales autres que le bl? et du manioc

3.1 Sorgho et mil

3.1.1 Caract?ristiques physiques

26. Les graines de c?r?ales sont des caryopses compos?s du germe, ou jeune plantule; d'un albumen dont le tissu est constitu? d'aliments de r?s?rve d?stin?s au d?veloppement du germe avant l'apparition des premi?res feuilles; enfin de couches p?riph?riques protectrices appel?es "son" et constitu?es de la testa, de l'?piderme ainsi que du p?ricarpe repr?s?tant l'enveloppe externe du fruit.

27. Les caract?ristiques physiques des graines de c?r?ales jouent un r?le important sur leur comportement en cours de transformation. Les caract?ristiques les plus importantes du grain de sorgho sont la couleur et l'?paisseur du p?ricarpe; la forme, la dimension et la duret? du grain; la texture de l'albumen; enfin la testa. En ce qui concerne la couleur et l'?paisseur du p?ricarpe, ce dernier peut se retrouver en partie ou en totalit? dans les produits de mouture, si bien que les vari?t?s de sorgho ? p?ricarpes blancs ou faiblement color?s donneront des farines et des produits de deuxi?me transformation moins color?s et donc mieux accept?s des

consommateurs. L'épaisseur du pericارpe joue également un rôle dans le comportement du grain au cours de sa transformation.

28. La morphologie, la grosseur et la dureté des grains conduisent aux observations suivantes:

a. La plupart des grains de sorgho ont une forme ovale (3-5 mm de longueur, 2,54,5 mm de largeur). La forme du grain influence le degré de décorticage. Des essais ont montré que les grains approximativement sphériques donnent des meilleurs rendements au décorticage.

b. Les grains de sorgho peuvent être considérés comme moyens ou petits s'ils tendent vers le mil, et gros s'ils tendent vers le blé, l'avoine ou l'orge. La dimension des grains influe sur le comportement au décorticage, les grains très petits ou très gros donnant de moins bons résultats que les grains moyens. Le poids moyen de différentes graines céréalières (poids de 1000 grains) est donné Table 5.

Table 5: Poids moyens de 1000 grains, en grammes

| Mil | Seigle | Sorgho | Riz (Paddy) | Avoine | Blé | Orge | Mais |
|-----|--------|--------|----------------|--------|-----|------|------|
| 7 | 21 | 23 | 27 | 32 | 37 | 37 | 285 |

29. L'albumen du grain de sorgho est généralement divisé en deux parties: un couche

périphérique cornée (ou vitreuse) située immédiatement sous l'aleurone riche en protéines, et un noyau central farineux. La partie cornée est plus dure que l'albumen central farineux. Les variétés de sorgho ayant un albumen fortement vitreux sont appelées variétés cornées, par opposition aux variétés farineuses dont l'albumen est beaucoup plus tendre et friable. Le rapport existant entre les couches cornées et farineuses exerce une influence sur l'aptitude à la mouture de grain et affecte également sa teneur en protéine, celle-ci étant plus élevée dans la partie vitreuse que dans la partie farineuse de l'albumen. Les grains cornés sont plus faciles à décortiquer que les grains farineux, tandis que ces derniers sont plus faciles à moudre que les grains vitreux. Lorsque la mouture est réalisée sur des grains préalablement décortiqués, les sorghos semi-cornés (50-75 p. 100 vitreux 25-50% farineux) possèdent une meilleure aptitude à la mouture.

30. Certaines variétés de sorgho possèdent sous le péricarpe une couche fortement pigmentée en brun ou en pourpre appelée testa. Ces pigments contiennent des tanins qui réagissent avec les protéines au cours de la cuisson, ce qui diminue la valeur nutritionnelle du grain. De plus, ils confèrent aux produits cuits une certaine amertume qui peut affecter leur acceptabilité. La transformation de grain de sorgho pigmentés (anthocyanés) donne de mauvais résultats quantitatifs et qualitatifs.

31. Le terme "mil" ou "millet" désigne de nombreuses plantes herbacées à très petites graines, largement répandues en Afrique et en Asie. Le mil paniculaire croît dans de nombreuses régions d'Afrique, tandis que l'éléusine coracana est surtout présente en Afrique de l'Est et du Sud. Le teff est un millet à très petites graines qui pousse essentiellement sur

les hauts plateaux d'Ethiopie. Les grains de mil sont durs par rapport aux grains de maïs, de sorgho ou de blé. Les millets sont les plus petites graines céréalières cultivées, avec 2 mm de longueur, 1,0-2,5 mm de largeur et un poids de 7 g pour 1000 grains.

3.1.2 Caractéristiques chimiques

32. Les caractéristiques chimiques influencent la qualité nutritionnelle du grain, ses propriétés de conservation, et dans certains cas son aptitude à la transformation. Le sorgho et le mil ont des caractéristiques chimiques similaires.

L'humidité joue un rôle essentiel en matière de stockage et de transformation des céréales. Le sorgho sec contenant 11-12 p. 100 d'humidité se conserve bien. Des teneurs en humidité élevées, supérieures à 14 p. 100, engendrent une altération plus rapide des grains stockés et réduisent le rendement de mouture sèche.

Les cendres sont le résidu inorganique résultant d'une combustion du grain. Le sorgho a une teneur en cendres (matières minérales) voisine de 1,5 p. 100, provenant en majeure partie du péricarpe et de la couche d'aleurone du grain. De ce fait, la teneur en cendres constitue un indice du degré de décorticage dans les produits issus de grains de sorgho convenablement pré-nettoyés. Par contre, si le grain n'a pas été convenablement nettoyé, la présence de sable et de poussière contribue à élever la teneur en cendres.

Les fibres sont constituées d'hydrates de carbone (plus la lignine) insolubles dans les acides et

les bases dilués dans des conditions données. Les constituants hydrocarbonés sont constitués essentiellement de cellulose et d'hémicellulose. Les fibres étant principalement localisés dans le péricarpe, la teneur en fibre d'un produit donne une indication sur le degré de décorticage des grains. Les grains de sorgho, de blé de maïs et de seigle ont une teneur en fibre comprise entre 1,9 et 2,4 p. 100.

Les glucides digestibles du sorgho, constitués d'amidon et de sucres, représentent environ 71 p. 100 du caryopse. Ils représentent la principale source d'énergie.

Les matières grasses du sorgho sont localisées essentiellement dans le germe, comme chez les autres céréales. Les matières grasses (lipides) des céréales sont importantes pour deux raisons: elles constituent en premier lieu une source d'énergie pour les consommateurs de produits céréaliers, et, en second lieu, elles réduisent la durée de conservation des produits finis par rancissement oxydatif ou enzymatique.

Les protéines sont plutôt concentrées dans l'embryon, dans le scutellum et dans l'aleurone (assise protéique). Le sorgho et le mil en contiennent en moyenne 1013 p. 100 (N x 6,25). La composition en acides aminés d'une protéine détermine sa valeur nutritionnelle. Comme chez d'autres céréales, la lysine constitue le facteur limitant primaire du sorgho, qui n'en contient que 2,1 à 2,9 p. 100 protéines, et du mil qui en contient légèrement moins encore. Le rapport leucine/isoleucine, de 3,0-3,5:1 chez le sorgho et le mil, est relativement élevé par rapport à celui des autres céréales qui se situe à 1,5-2,0:1 (sauf chez le maïs, 3,1:1), ce qui conduit à une réduction marquée de l'activité de l'isoleucine.

Les vitamines: A l'instar d'autres céréales, le sorgho est riche en vitamines du complexe B. avec des teneurs en thiamine, riboflavine, niacine, acide pantothénique et pyridoxine semblables à celles du blé. Le mil panicillaire est légèrement plus pauvre que le sorgho en niacine, mais il est relativement riche en riboflavine.

33. Les constituants chimiques des céréales peuvent être dosés à l'aide de méthodes d'analyse standardisées décrites dans divers manuels. Les manuels les plus usuels sont publiés par:

- The Association of Official Analytical Chemists (AOAC);
- The American Association of Cereal Chemists (AACC);
- Association Internationale de Chimie Céréalière (ICC); et
- Organisation Internationale de Standardisation (ISO).

3.2 Le maïs

3. 2. 1 Caractéristiques physiques

34. Les principales variétés de maïs sont les maïs: denté, corné, farineux, doux, waxy, le popcorn et le maïs vert. Les maïs dentés et cornés constituent les principales variétés utilisées pour la consommation humaine et représentent l'essentiel de la production africaine. Les maïs cornés ont un albumen vitreux et dur, à peine farineux, ce qui les rend plus résistants aux attaques d'insectes. Le grain de maïs denté, ou dent de cheval, présente une

indentation profonde de l'opposé du point d'attache du grain (partie large); il est plus tendre que le maïs corné (flint), la proportion d'albumen farineux y est tant plus forte que chez le maïs corné.

35. Les grains de maïs dentés ou cornés peuvent être blancs ou jaunes. Des variétés de couleur rouge, pourpre ou presque noire sont cultivées en quantité insignifiantes. A maturité, le grain de maïs est beaucoup plus gros que celui d'autres céréales comme le mil, le sorgho, le riz et le blé (voir Table 5, alinéa 28). Il est composé d'une enveloppe pelliculaire, d'un albumen et d'un germe. L'enveloppe extérieure est composée du péricarpe, de la testa et du stilet. L'enveloppe représente 6 p. 100 et l'albumen environ 82 p. 100 du poids total du grain. L'albumen est constitué d'une couche périphérique de grosses cellules d'aleurone, souvent appelée assise protéique, qui entoure la partie vitreuse de l'intérieur de laquelle se trouve l'albumen farineux. Par rapport à d'autres céréales, le germe ou embryon de maïs, qui représente environ 12 p. 100 de poids du grain, est volumineux. La pigmentation jaune du maïs provient de l'albumen, tandis que la couleur rouge ou noire est due à des pigments localisés surtout dans le péricarpe, mais également dans la couche d'aleurone.

3.2.2 Caractéristiques chimiques

36. La composition du maïs dépend de la variété et des conditions de culture. L'enveloppe, l'albumen et le germe ont des compositions chimiques différentes. A l'instar d'autres céréales, les fibres sont concentrées dans l'enveloppe externe, tandis que l'amidon est localisé dans l'albumen et les matières grasses dans le germe. Chez le maïs plus que chez le

blé, l'albumen contient une teneur élevée en protéines localisées essentiellement dans l'aleurone. La Table 6 montre quelle est la composition approximative des grains de maïs, sorgho, mil, riz et blé. Comme d'autres graines céréalières, le maïs, contient peu de fibres et peu de cendres. Sa teneur en protéines est généralement inférieure à celle du blé, mais supérieure à celle du riz blanchi. Par rapport à toutes les autres céréales, certaines variétés de maïs, (par exemple le maïs, doux) ont les plus hautes teneurs en matières grasses (lipides).

Table 6: Composition approximative du maïs et d'autres céréales (p. 100)

| Céréale | Humidité | Protéines | Lipides | Fibres | Cendres |
|-------------|----------|-----------|---------|--------|---------|
| Mais | 12.0 | 9.5 | 4.0 | 1.4 | 1.3 |
| Mil | 8.4 | 8.6 | 4.0 | 1.2 | 1.6 |
| Sorgho | 11.0 | 9.7 | 3.3 | 1.5 | 1.8 |
| Riz blanchi | 12.0 | 7.2 | 0.4 | 0.3 | 0.5 |
| Blé | 13.0 | 14.0 | 2.5 | 2.3 | 1.6 |

3.3 Caractéristiques du manioc

37. Le manioc (*Manihot* spp.) est une plante pérenne appartenant à la famille des euphorbiacées. La racine de manioc est une source importante d'amidon. La surface cultivée

de manioc, l'une des principales sources d'amidon en Afrique vient en seconde position derrière le maïs. Les nombreuses variétés de manioc sont regroupées en deux grandes catégories: les manioc doux et amers qui se différencient par la teneur des racines en acide cyanhydrique toxique.

38. La répartition de l'acide cyanhydrique dans les racines varie en fonction de; variétés. Chez les variétés douces, il est concentré dans la fine pellicule externe dans le phelloderme et dans les couches périphériques de la partie comestible centrale, tandis qu'il est uniformément réparti dans toutes les parties constitutive; des variétés amères.

39. La composition chimique des racines de manioc varie considérablement en fonction des variétés et des lieux de culture. L'étude de 30 variétés a donné les résultats suivants: teneur en matière sèche 24-52 p. 100, 35 p. 100 en moyenne teneur en protéines 1-6 p. 100, moyenne 3,5 p. 100. La Table 7 donne des indications comparatives sur la composition moyenne du manioc et de la pomme de terre.

Table 7: Composition chimique du manioc et de la pomme de terre (p. 100)

| | Humidité | Amidon | Sucres | Protéines | Lipides | Fibres | Cendres |
|-------------------|----------|--------|--------|-----------|---------|--------|---------|
| Racines de manioc | 70.3 | 21.5 | 5. 1 | 1.1 | 0 4 | 1.1 | 0.54 |
| Pomme de terre | 75.8 | 19.9 | 0.4 | 2.8 | 0.2 | 1.1 | 0.92 |

40. Au cours de leur cycle végétatif, les racines de manioc accumulent des réserves croissantes d'amidon jusqu'à ce qu'une lignification de certains tissus apparaisse, ce qui rend les racines difficiles à transformer. Une teneur de 25 à 30 p. 100 d'amidon dans les racines est considérée comme étant un niveau minimum convenable en féculerie.

41. Les racines fraîches de manioc ne peuvent pas être conservées plus de deux jours sans subir des altérations.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Chapitre IV - Transformation artisanale des céréales autres que le blé et du manioc

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

4.1 Sorgho et maïs

4.1.1 Le sorgho

42. La mécanisation de la mouture du sorgho est d'autant plus souhaitable que les méthodes traditionnelles sont soumises à certaines contraintes: elles prennent du temps, elles sont laborieuses, elles engendrent des pertes, et les produits finis obtenus ont une durée de conservation limitée. Par ailleurs, la mécanisation permet d'obtenir des farines de qualité plus ou moins constante, ce qui n'est pas le cas des farines traditionnelles.

43. Des tentatives ont été faites dans le passé en vue d'alléger le travail fastidieux lié aux méthodes traditionnelles de transformation. Beaucoup de centres commerciaux ont été équipés de moulins à marteaux actionnés par des moteurs à essence ou diesel en vue de moudre des céréales. Dans certaines régions rurales, par exemple au Botswana et au Nigeria, les petits moulins ont été remplacés par des décortiqueurs. Les petits moulins travaillent généralement à la tâche, le décortiquage et la mouture des grains propres étant réalisés individuellement pour chaque client, contre une rétribution. Les femmes parcourent parfois de très longues distances pour faire moudre leur grain, et les longues files d'attente devant les moulins attestent de l'immense popularité des petits moulins mécaniques. Dans certains cas, les propriétaires de moulins achètent du grain pour le moudre et vendre la farine sur les marchés.

44. En vue d'améliorer encore les pratiques de mouture au niveau villageois, il serait souhaitable d'installer un système de transformation intégré. Pour amener les technologies meunières à ce niveau, il faut prévoir l'adjonction de divers équipements. Bien des efforts

ont été faits durant les 10 à 15 dernières années en vue de développer les technologies de transformation mécanique du sorgho. Des matériels de minoterie, de mouturerie et de rizerie ont été testés. Parmi ceux-ci, les concaves de rizerie s'apparentent le mieux au type de matériel nécessaire au décorticage du grain de sorgho. Un système intégré devrait comprendre le matériel suivant:

- a. Un nettoyeur à grains pour éliminer les pierres, la poussière, les glumelles, etc. Dans les petites installations, ce nettoyage peut être réalisé à l'aide de tamis d'ouvertures de maille convenables. On peut utiliser deux tamis dont l'un retiendra les impuretés plus grosses que le sorgho pour ne laisser passer que le sorgho et les impuretés les plus petites. Le deuxième tamis aura une ouverture de maille susceptible de retenir le sorgho et de laisser passer la poussière, le sable et toutes les petites impuretés. Dans les petits ateliers de mouture, les tamis peuvent être actionnés manuellement. Dans les installations de plus grande capacité, on utilisera des tarares mécaniques semblables à ceux des industries céréalières.
- b. Le décorticage a pour objet de séparer l'albumen des enveloppes fibreuses et parfois colorées du grain, qui forment le son. Plusieurs types de décortiqueurs ont été mis au point à cet effet (voir paragraphe 4.3 ci-après).
- c. La mouture est l'opération suivante, au cours de laquelle le grain décortiqué est réduit en farine, généralement à l'aide d'un moulin à marteaux. La partie fonctionnelle d'un tel moulin est constituée d'un jeu de marteaux mobiles disposés

sur un axe tournant à grande vitesse, 1500-5600 tours par minute. La chambre de mouture peut être équipée d'un tamis en tôle perforée pour faciliter la production d'une farine ayant une granulométrie uniforme. Ces tamis sont fournis avec différentes ouvertures de maille. Le moulin et le décortiqueur peuvent être actionnés simultanément ou alternativement à l'aide d'un seul moteur.

d. Le conditionnement concerne essentiellement les produits finis commercialisés. Les farines produites à façon et emportées par le client peuvent être conservées dans différents emballages, comme des boîtes en fer blanc, sacs plastiques, etc.

4.1.2 Le maïs

45. On trouve dans les villages des moyens adéquats pour transformer le maïs, et le paddy qui constituent des céréales largement cultivées et consommées en Afrique. Dans presque tous les villages, les décortiqueurs et les moulins à marteaux occupent une place bien en vue (voir par exemple les moulins à marteaux Arusha, paragraphe 4.3.3). La Fig. 8 représente un décortiqueur typique à maïs et à paddy. En général, l'industrie meunière occupe la première place parmi les industries alimentaires de Tanzanie, particulièrement en ce qui concerne le maïs, le riz et le blé. Les petits moulins travaillant à façon satisfont les besoins primaires de subsistance des producteurs et des consommateurs ruraux.

[Schéma d'un décortiqueur à maïs et à riz](#)

46. Jusqu'à une date récente, les petits moulins et décortiqueurs étaient importés, mais dans bien des cas les seuls éléments qui sont encore d'origine étrangère sont les moteurs thermiques ou électriques. Les moulins à marteaux décrits précédemment pour le sorgho (alinéa 44) sont polyvalents et offrent aux villageois un moyen plus facile de transformer le maïs nécessaire à leurs besoins journaliers.

47. La gamme et les capacités des petits moulins villageois varient dans des proportions considérables. Très appréciés dans les villages, ils sont utilisés de manière intensive, parfois jusqu'à 13 heures par jour. Le prix demandé pour la mouture aux clients dépend de l'énergie utilisée; il est plus élevé pour les moteurs à essence que pour les moteurs diesel ou électriques.

4.2 Le manioc

48. En Tanzanie, la transformation artisanale du manioc demeure une affaire familiale. Les traitements, les manipulations et les procédés de transformation varient d'une région à l'autre en fonction de la destination finale des produits fabriqués. On distingue ainsi trois grandes voies de transformation du manioc dans les villages tanzaniens:

a. Le séchage solaire

49. Les racines de manioc fraîchement récoltées sont pelées, coupées en morceaux et séchées au soleil. Lorsqu'elles sont bien sèches, elles sont réduites en farine pour être

utilisées la préparation d'une sorte de porridge appelé "ugali" en Tanzanie (voir alinéa 173), ou la fabrication de bière locale.

b. Fermentation

50. En Tanzanie, les racines fraîches de manioc sont pelées, coupées en morceaux puis mises en tas recouverts de feuilles fraîches, à l'ombre, pour plusieurs jours. Des moisissures se développent en plus ou moins grande quantité en fonction du temps de séjour à l'ombre, la durée variant selon le degré de fermentation souhaité par les consommateurs. Les morceaux de manioc fermentés sont nettoyés puis séchés au soleil, ou inversement sont d'abord séchés au soleil puis nettoyés. Ils sont ensuite réduits en farine par mouture sèche.

c. Rouissage

51. Les racines fraîches sont pelées, coupées en morceaux, puis mises à tremper dans de l'eau pendant plusieurs jours. Encore, la durée de trempage varie d'un endroit à l'autre et dépend du goût des consommateurs. Après rouissage, le manioc est séché au soleil avant d'être moulu.

52. Les méthodes (b) et (c) sont les plus largement utilisées pour préparer des aliments. La méthode (a) est surtout utilisée en vue d'une commercialisation ultérieure ou des fins autres que l'alimentation familiale. Le manioc fermenté est généralement commercialisé

sous forme de morceaux entiers non moulus. Le goût, l'aspect et la texture des farines issues des trois méthodes qui précèdent varient de manière significative. Ainsi la méthode (a) donne des farines blanches, mais un "ugali" extrêmement visqueux, de couleur terne et d'un goût douxâtre. Le méthode (b) fournit des farines d'une couleur pâle, qui ne change pas lors de la fabrication de l'ugali dont le goût ressemble à celui de l'ugali de maïs, mais dont la consistance est notablement moins collante qu'en (a). Avec la méthode (c), la farine produite est aussi blanche que de la farine de maïs dépelliculé. Cette couleur s'altère légèrement au cours de la préparation d'ugali dont la viscosité est cependant beaucoup moins forte.

53. Au niveau du village, la plupart des opérations de transformation sont effectuées manuellement, mais la mouture est désormais réalisée à l'aide de moulins à marteaux dans les régions où l'on en trouve.

54. En Afrique de l'Ouest, où le manioc constitue une alimentation de base, la transformation artisanale a été grandement améliorée. La mécanisation de certaines opérations, notamment du râpage, a beaucoup contribué à promouvoir l'expansion d'une industrie de transformation du manioc. Dans bien des endroits, des râpes mécaniques ont remplacé le laborieux râpage manuel, contribuant ainsi à accroître les capacités de traitement.

55. Un aspect intéressant de ces développements est que les râpes sont généralement construites sur place, seuls les moteurs étant importés. Certaines râpes peuvent être entraînées par le même moteur qu'un moulin à maïs, ou qu'un pétrin à pâte. La

capacité de production des râpes de manioc varie entre 400 et 1000 kg de racines l'heure. Des râpes mobiles, montées sur roues, existent au Nigeria. Elles vont de village en village proposer leurs services, contre rétribution, aux personnes qui transforment le manioc.

4.3 Matériel de mouture des céréales

56. Différents inventeurs et fabricants de matériel de meunerie ont entrepris la fabrication et la commercialisation, en Afrique, de matériel spécifique de mouture de mil et de sorgho, notamment de moulins à marteaux et de décortiqueurs. Leur capacité, qui dépend des taux d'extraction, varie de 300 à 600 kg/h. Ils sont actionnés par des moteurs thermiques ou électriques allant de 8 à 35 CV (6 à 26 kW). Les principales caractéristiques de ces différents décortiqueurs et moulins à marteaux sont décrites ci-après:

4.3.1 Le décortiqueur du Botswana

57. Ce décortiqueur est une modification du décortiqueur canadien PRL, réalisée par le "Rural Industries Innovation Centre (RIIC)" au Botswana. Le décortiqueur PRL (Prairie Regional Laboratory) a été modifié de telle sorte qu'il puisse être utilisé soit pour décortiquer en discontinu des petits lots de grains séparés, soit des lots plus importants en continu. Le décortiqueur est constitué d'une série de meules à disque en carborundum montées de courtes distances les unes des autres sur un axe horizontal. Le rotor ainsi formé est monté dans un carter métallique, un certain jeu étant ménagé entre les disques, les parois latérales et le fond du carter. Une entrée d'air, protégée par une crépine, est ménagée

le long et autour du fond du rotor. Une autre entrée d'air est également ménagée le long d'un des côtés, au sommet, tandis qu'une sortie d'air permet son évacuation sur le côté opposé. En connectant cette sortie d'air à un système d'aspiration, les fines particules de son formées par abrasion sont automatiquement éliminées. Le système peut être employé sans entrée ou sortie d'air; dans ce cas, les fines particules de son restent dans l'appareil avec les grains décortiqués et doivent être éliminés par un autre moyen, par tamisage ou vannage. Le grain est introduit en quantité constante à une extrémité du décortiqueur, et ressort à l'autre extrémité par un trop plein réglable. Le niveau du grain dans le décortiqueur est ajusté de telle sorte que 50 à 100 p. 100 du rotor soit recouvert durant son fonctionnement.

58. La version modifiée de ce décortiqueur PRL est capable de travailler également en discontinu, de telle sorte qu'il peut être utilisé pour décortiquer des petits lots individuels de grain aussi bien qu'en continu. La version modifiée (Fig. 9) est donc plus souple d'emploi que la version originale puisqu'elle permet un travail par lots distincts, un travail en continu, ou une combinaison des deux possibilités. Le décortiqueur original PRL et sa version modifiée PRL/RIIC diffèrent sur les points suivants:

Schéma d'un décortiqueur PRL/RIIC

- Tout en ayant la même capacité de traitement, le décortiqueur PRL/RIIC a des dimensions plus réduites. Le décortiqueur PRL exige au minimum 20 kg de grain, tandis que le décortiqueur PRL/RIIC est opérationnel avec seulement 10 kg de grain

- Le diamètre des meules PRL est de 27 cm, tandis que le diamètre des meules du décortiqueur modifié PRL/RIIC n'est que de 22 cm. La longueur des deux carters est la même, mais le carter du décortiqueur PRL/RIIC est légèrement plus étroit.
- Le rotor du décortiqueur modifié tourne à une vitesse supérieure à celle du décortiqueur original PRL, si bien que les capacités de traitement sont voisines pour un travail en continu.
- L'originalité du décortiqueur PRL/RIIC réside dans son système de vidange. Il reste toujours une certaine quantité de grain au fond du décortiqueur PRL, ce qui rend le travail par petits lots individuels impossible. Le fond du décortiqueur PRL/RIIC a été muni d'une trappe renforcée, à charnières, et d'une goulotte, si bien que même sans arrêter la machine, un levier permet d'ouvrir la trappe et de vidanger le grain dans un récipient par la goulotte. De la sorte, même des lots individuels aussi petits que 10 kg de grains peuvent être décortiqués sans devoir arrêter le décortiqueur.

4.3.2 Moulins à marteaux Ndume, Kenya

59. Les moulins à marteaux Ndume furent développés à l'origine en vue de moudre du maïs en une farine grossière passant aux tamis de 0,8 mm à 1,6 mm. Ils peuvent être utilisés

généralement pour moulinner du sorgho ou d'autres céréales. Les moulins sont fabriqués par une société dont c'est la seule spécialité. Beaucoup d'autres ateliers sont cependant capables de construire des moulins à marteaux. Le bâti des moulins doit être fait en acier solidement soudé. Les petits moulins sont équipés de tamis de décharge situés à la partie inférieure du corps du moulin, tandis que les unités plus grosses utilisent des tamis situés au dessus du corps. Les marteaux, au nombre de 16 à 27, sont faits en acier trempé et sont montés sur un arbre en acier au nickel de 12,7 mm de diamètre. Les moulins sont équipés de trémies d'alimentation, de ventilateurs et de séparateurs à cyclones. Ils peuvent être actionnés par des moteurs électriques ou diesel d'une puissance allant de 2 à 20 CV selon les modèles. Leur vitesse de rotation se situe à 3500-4000 t/mn. Avec un tamis de 1,6 mm d'ouverture, les capacités de traitement varient de 70 à 200 kg/h pour les petits moulins et atteignent 400 à 2500 kg/h pour les plus grosses unités.

[Schéma d'un broyeur à marteaux Ndume, Kenya.](#)

Les moulins à marteaux sont utilisés par les petits ateliers artisanaux pour moulinner des céréales et des légumineuses sèches. Ils sont très populaires dans les milieux ruraux où ils ont soulagé les femmes du travail traditionnel du pilonnage. Les prix pratiqués par les moulins villageois pour moulinner le grain varient fréquemment. En 1983, on pouvait moulinner 50-60 kg de grains pour l'équivalent de 1 US \$ (400 FCFA).

4.3.3 Moulins à marteaux Arusha, Tanzanie

60. Plusieurs types de moulins à marteaux sont construits et commercialisés sous divers noms en Tanzanie. Parmi les plus connus figurent les moulins MGM (Fig. 11). Ils sont fabriqués par M/S Manik Engineers à Arusha. Parmi les autres constructeurs, on peut citer la Manghula Mechanical Company dans la région de Morogoro; D. & M. Inventors à Mwanza; Mike Motors à Moshi et Mwanza Engineering Works. On trouve quatre modèles de moulins MGM, qui sont généralement actionnés par des moteurs diesel. Le modèle MGM 2, d'une capacité de 180-200 kg/h, utilise un moteur de 6-9 kW (8-12 CV); le modèle MGM 5 permet de mouliner 450 à 500 kg/h à l'aide d'un moteur de 11 à 15 kW (15-20 CV), tandis que le modèle MGM 7 atteint une capacité de 700 kg/h avec un moteur de 17 à 26 kW (22,5 à 35 CV). Le plus gros moulin fabriqué actuellement est le MGM 10 d'une capacité de 900-1000 kg/h et qui nécessite une puissance de 22 à 34 kW (30-45 CV).

Schéma d'un broyeur à marteaux MGM

61. La plupart des moulins fabriqués en Tanzanie tournent à grande vitesse. Les arbres tenant les marteaux fixes ou les marteaux à percussion sont horizontaux; les modèles MGM ont des marteaux dont l'extrémité est en forme de T (Fig. 11). Le rotor tourne dans un carter dont le fond grillagé sert également de tamis. L'aspiration est assurée par un aspirateur situé à la base de la gaine de cyclone. Le ventilateur est actionné par l'intermédiaire d'une poulie placée sur le rotor lui-même. Les moulins ne sont pas équipés en variateurs de vitesse. On peut à la rigueur changer le moteur ou le diamètre des poulies, mais cela n'est guère possible après l'achat du moulin; par contre, on peut changer la granulométrie des farines en changeant les tamis.

4.3 .4 Autres décortiqueurs utilisés en Afrique

62. Les décortiqueurs CCC fabriqués au Japon sont des cônes qui blanchir le riz qui peuvent être utilisés en milieux ruraux. La surface abrasive est constituée d'un cône tronqué en carborundum qui peut être monté sur un axe vertical ou horizontal. Les capacités de traitement des trois modèles disponibles s'étagent de 420 à 840 kg/h de grain pour des puissances installées allant de 5 à 10 CV. Des essais de décortilage de sorgho ont été réalisés à l'aide de décortiqueurs CCC dans différents pays, dont la Tanzanie et le Kenya, avec des résultats satisfaisants.

63. Le décortiqueur DECOMATIC, fabriqué en Suisse par Bernhard Keller SA., est constitué de cinq disques abrasifs en carborundum montés sur un arbre vertical, qui tournent à l'intérieur d'une gaine en tôle perforée. Les ouvertures oblongues de 1 mm de largeur de la gaine perforée permettent l'élimination du son. La vitesse périphérique du rotor est de 25 m/sec., mais cette vitesse peut être modifiée en remplaçant les poulies d'entraînement. Le décortiqueur, d'une capacité de 300-400 kg/h, travaille en continu, le degré de décortilage étant réglable à volonté. Cette machine, entraînée par un moteur électrique de 20 CV, a été utilisée avec succès dans l'unité pilote de mouture du sorgho installée au Centre de

64. Le décortiqueur vertical type 270 construit par Schule S.a.r.l. à Hambourg en République Fédérale d'Allemagne, comprend sept disques en émeri montés sur un arbre rotatif vertical. Equipé d'un moteur électrique de 25 CV, il peut décortiquer de 200 à 1800 kg/h de sorgho.

65. Le décortiqueur horizontal Behler, type DMRH, équipé de 6 disques abrasifs de finesse variable, tournant à l'intérieur d'une chemise en tôle perforée faisant office de tamis' a une capacité de 500-700 kg/h de mil. Une unité de cette capacité a déjà été installée au Nigeria. La Société Behler fabrique également un décortiqueur vertical, type DSRD, d'une capacité pouvant atteindre 900 kg/h de sorgho.

66. Le décortiqueur UMS type DVA est construit au Danemark par United Milling System. Le décorticage est réalisé par une double lame hélicoïdale placée sur un arbre rotatif vertical situé à l'intérieur d'un cylindre en tôle perforée. Placés sous compression et animés d'un mouvement rotatif ascendant, les grains sont également décortiqués par frottement les uns sur les autres. Les sons sont éliminés au travers de la tôle perforée par un courant d'air comprimé issu de perforations disposées le long de l'arbre rotatif vertical. Mû par un moteur électrique de 30 CV, le décortiqueur UMS peut traiter 2000 kg/h de grain.

67. Le décortiqueur à mil EURAFRIC FAO fabriqué en France est constitué d'un carter horizontal tronconique revêtu intérieurement d'une couche abrasive en carborundum et dans lequel tourne un rotor conique équipé de trois battes en caoutchouc. Le degré de décorticage peut être contrôlé en faisant varier le jeu situé entre la surface abrasive et les battes du rotor. Le mélange grains décortiqués-son est projeté dans un bluteur cylindrique équipé de brosses, où les gros sons sont aspirés tandis que les petits sons sont éliminés au travers du tamis. Le décortiqueur-bluteur peut être actionné par un moteur électrique de 7,5 CV ou par un moteur thermique de 10-11 CV. La vitesse nominale de rotation du rotor de 1050 t/mn doit être réduite à 800 t/mn pour décortiquer l'éléusine, plus friable que le

mil p

68. Le d

69. La Table 8 donne quelques caract

Table 8: Caract

| MARQUE: | FAO | FAO | FAO | RENSON | CHAMPENOIS | TOY | TOY | TOY |
|---------|---------|-------------------|-------|---------|------------|-------|-------|-------------------------------|
| TYPE: | BTM4000 | MB317 bluterie | BA318 | Moderne | NobaGRM12 | JET13 | JET35 | Multibroie tout "Touba" |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| SYSTÈME: | marteaux mobiles | meules corindon | meules corindon | meules corindon | meules acier | marteaux mobiles | marteaux mobiles | marteaux mobiles |
| Vitesse de rotation t/mn | 4000 | 900 | 750 | 400-600 | 670 | 3000 | - | - |
| Débit kg/h | - | 200-250 | - | 200-300 | - | 50-150 | 100-300 | 100-150 |
| Moteur thermique | 10CV | 6CV | 5-6 CV | 8CV | 5CV | 5CV | 10 CV | 11 CV |

70. Moulins à marteaux et décortiqueur SISMAR, Sénégal. La Société Industrielle Sahélienne de Mécaniques, de Matériels Agricoles et de Représentation (SISMAR) fabrique une large gamme de matériel agricole, y compris du matériel de transformation de différents produits agricoles: batteuses à arachides, mil sorgho, riz et maïs, décortiqueurs à mil, riz et arachides, mondeuse de noix; et en particulier des moulins à céréales dont deux font l'objet d'une description ci après:

a. Le moulin NOFLAYE 2 est un moulin à marteaux pouvant être actionné par un moteur diesel de 8-9 CV ou un moteur électrique de 5-6 CV. Les marteaux sont fixes et interchangeables, de même que le tamis circulaire (ouvertures de maille de 0.5, 0.8, 1.0 ou 1.5 mm).

Le moulin NOFLAYE 2 a été exporté dans différents pays africains dont le Burkina Faso, le Niger et le Tchad, où il est utilisé pour moudre les lots de grain individuels en discontinu,

comme au Sénégal. Dans ce pays, les femmes amènent au moulin des grains humides destinés à donner des farines fermentées; durant la mouture de tels grains, les farines ont tendance à boucher les ouvertures du tamis. L'avantage du moulin NOFLAYE 2 réside dans la forme des marteaux tournant à grande vitesse, profilés de façon à forcer la farine au travers des tamis et à empêcher tout colmatage. Le coût de ce moulin, sans moteur, est d'environ 400.000 F CFA. valeur 1982-1983.

b. Le décortiqueur SISMAR/IDRC/CNRA est le décortiqueur du Botswana (voir paragraphe 4.3.1) adapté aux conditions sahéliennes. La fabrication de ce décortiqueur devait démarrer à la fin de 1984.11 pourra être actionné par un moteur électrique ou par un moteur diesel, et son coût, moteur exclu, sera compris entre 600.000 et 800.000 FCFA. (SISMAR, B.P. 3214, Dakar, Sénégal, Tél. 7781 SG, Tlx: 22.24.85 et 21.24.30).

71. Moulin à marteaux ABI, Côte d'Ivoire. La société ABIDJAN INDUSTRIES (ABI) fabrique des petits moulins polyvalents, à haute performance, susceptibles de moudre toutes les céréales et les racines. Les deux modèles existants, le moyen (400600 kg/h de grain) et le petit (250-450 kg/h de grain), sont équipés d'un moteur électrique triphasé, tournant à 3000 t/mn, munis de façon standard d'un disjoncteur thermique et d'un coffret de démarrage star-delta. La puissance requise est de 7,510 CV pour le modèle moyen, et de 4-5,5 CV pour le petit modèle. Le moulin peut être également actionné par un moteur à essence quatre temps ou par un moteur diesel dans les régions privées d'électricité. Les moulins sont équipés de marteaux amovibles ou, facultativement, de lames. Leur faible poids permet de les déplacer aisément (Fig. 14). Le coût du petit moulin était d'environ 281.000 F CFA (686 \$

US en Décembre 1983) avec un moteur électrique, et de 690.000 F CFA (1683 \$ US) avec un moteur diesel .

72. Les autres matériels fabriqués par ABI comprennent:

a. Une petite décortiqueuse d'arachides manuelle, de 31 kg' coûtant environ 60.000 F CFA sortie usine.

b. Un décortiqueur à maïs, à roue dentée classique, à haute performance et silencieux. Différents modèles existent: à entraînement manuel (123.000 F CFA sortie usine), ou équipé d'un moteur électrique (158.000 F CFA) ou thermique. (Fig.15)

c. Un pétrin-mélangeur pour la préparation de produits alimentaires traditionnels ou nouveaux (Fig. 16). (ABIDJAN INDUSTRIE (ABI), 01 BP 343, Abidjan 01, Côte d'Ivoire, Zone Industrielle de VRIDI, Zone A, Tél: 2377, Tél.: 35.43.60).

4.4 Matériel de broyage du manioc

73. Un système intégré de transformation artisanale du manioc en gari a été mis au point par des constructeurs locaux en Afrique de l'Ouest. Le gari est un produit obtenu par torréfaction de manioc fermenté; les différentes opérations unitaires ont été mécanisées et assemblées en lignes de production de gari. Les différents équipements

comprennent:

- une râpe en manioc qui réduit les racines pelées de manioc en pulpe par friction sur une surface rugueuse abrasive;
- une presse hydraulique pour enlever l'eau de la pulpe de manioc et former un gâteau. Traditionnellement, cette opération est réalisée en plaçant la pulpe dans des sacs qui sont placés sous de grosses pierres;
- un tamis secoueur pour réduire le gâteau comprimé en miettes qui seront soumises à une gélification;
- un " torréfacteur" dans lequel les particules de manioc sont gélifiées sous agitation constante. Les poêlons traditionnels utilisés pour rôtir le gari sont disposés, dans la version améliorée, sur un foyer muni d'une cheminée, ce qui met l'opérateur à l'abri de la fumée;
- une calibreuse-motteuse mécanique, dont le tamis retient les morceaux de gari agglomérés;
- un moulin à marteaux pour émietter les gros agglomérats de gari en particules de taille convenable;
- un poste de conditionnement comprenant une balance et une thermosoudeuse

électriques, ces deux derniers équipements étant importés.

La capacité déclarée de cette ligne de fabrication est de 1000 kg de racines par heure avec un rendement horaire de 200 kg de gari.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Chapitre V - Transformation industrielle des céréales autres que le blé et du manioc

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

5.1 Systèmes de transformation du sorgho, du mil et du maïs

5.1.1 Le Sorgho

5.1.1.1 Technologie et installations

74. Le procédé de mouture industrielle du sorgho mis au point dans l'installation pilote du

"Food Research Centre" au Soudan en 1977 a été fondé sur des essais réalisés par des laboratoires internationaux et par des fabricants de matériel, à la demande de la FAO.

Ce travail avait pour objectif d'identifier des variétés de sorgho convenables et de développer des opérations unitaires comme le nettoyage des grains, le décorticage, la mouture, le blutage et le conditionnement. Ce développement constitue une amélioration des méthodes artisanales traditionnelles de mouture du fait qu'il permet d'obtenir en continu un meilleur rendement en farines de qualité constante utilisables pour la confection de produits traditionnels ou de farines composées.

75. Le diagramme de mouture (Fig. 17) et l'agencement de l'installation pilote (Fig. 18) comprennent trois sections: le nettoyage, le décorticage et la mouture proprement dite, l'installation ayant une capacité de 500-600 kg de sorgho grain l'heure. Le décorticage est effectué dans un décortiqueur DECOMATIC et la mouture dans un moulin à attrition "ASIMA PROGRESS" (Fig. 19).

76. Des détails relatifs à la construction du décortiqueur DECOMATIC ont été donnés précédemment à la 63. Le moulin ASIMA est réglé de façon à ce que le rotor ait une vitesse périphérique maximale de 123 m par seconde et un jeu minimum de 1,0 mm entre le rotor et le stator, ceci afin d'obtenir une farine la plus fine possible. Le moulin ASIMA est entraîné par un moteur électrique de 30 kW (50 Ampères).

[Diagramme simplifié de mouture industrielle du sorgho installation pilote Centre de](#)

Recherche Alimentaire (FRC), Khartoum.

5.1.1.2 Analyse du coût de production des produits du sorgho

77. On admet que:

- l'équipement du Food Research Centre (Soudan) est acheté hors taxe;
- l'installation pilote travaille en deux postes de 8 heures par jour pendant 240 jours par an.

78. A pleine charge, la capacité de l'installation est de 0,5 to de grain par heure. La matière première requise pour travailler pendant 3450 heures par an est de 1725 to. Tous les coûts sont basés sur des prix de 1977, la livre soudanaise (S) valant alors 2,515 \$ US.

Diagramme de mouture du sorgho, FRC

| | | |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Trémie de réception | 16 Distributeur vibrant | AA Poussière fine |
| 2 Elevateur double | 17 Moulin à attrition ASIMA | BB Sable |
| 3 Nettoyeur | 18 Moulin à meules de pierre | CC Grosses matières étrangères |
| 4 Epurateur | 10 Remontée pneumatique | DD Pierres terre |

| | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 5 Epierreur | 20 Cyclone ☐ farine | EE Sorgho perl☐. grains bris☐e |
| 6 Cyclone ☐ poussi☐res | 21 Ventilateur | FF Sorgho perl☐ moyen |
| 7 Humidificateur | 22 Bluterie | GG Sorgho perl☐ gros |
| 8 Silo de conditionnement | 23 Transporteur ☐ v is | HH Sorgho grain nettoy☐ |
| 9 D☐cortiqueur | 24 Silo de stockage | JJ Fin son |
| 10 Cyclone ☐ poussi☐re | 25 Bascule | KK Grits de d☐cortilage |
| 11 Ventilateur | 26 Filtre ☐ manche | LL Farine |
| 12 Ecluse | 27 S☐parateur magn☐tique | MM Poussi☐re de d☐cortilage |
| 13 Bluterie | ☐ Bo☐te ☐ deux directions | NN Poussi☐re de mouture |
| 14 El☐vateur double | ☐ Ensachage | PP Semoule |
| 15 Silo tampon | | |

| | |
|---|--------|
| 79. <i>Capital investi dans l'installation pilote</i> | ☐S |
| - Achats de mat☐riel | 48.000 |
| - Montage | 5 000 |
| | |

| | |
|---|--------|
| - Camion | 5.500 |
| - Terrain | 1.500 |
| - B ^o timents | 10.000 |
| - Mobilier | 1.000 |
| - Fonds de roulement | 3.500 |
| (Approvisionnement en sorgho pour 1 mois) | 74.500 |

a. Frais de fabrication de la farine de sorgho (80 p. 100 de taux d' extraction pour la fabrication de Kisra, Asida, Nasha, Medida)

80. Co^ots bas^os sur les valeurs de 1977.

| (i) Co ^o ts directs de production: | | Co ^o S |
|--|------|-------------------|
| - mati ^o re premi ^o re (1725 tonnes) | | 153.334 |
| - emballages (15.340 sacs) | | 3.835 |
| - main-d'oeuvre (directe) | | 5.031 |
| - fluides: | | |
| ^o lectricit ^o (172.255 kWh) | 3457 | |
| fuel (8 gallons/jour) | 1373 | 4.830 |
| | | |

| | | |
|---|------|---------|
| entretien (7,5 p. 100 du coût des investissements en équipement et camion) | | 4.013 |
| (ii) Coûts directs d'exploitation | | |
| - main-d'oeuvre (indirecte) | | 2.624 |
| - fonctionnement du laboratoire, etc. | | 2.036 |
| (iii) Coûts indirects d'exploitation | | |
| - Amortissement: | | |
| Bâtiments (5 p. 100) | 500 | |
| Equipements (12,5 p. 100 de 48.000 \$) | 6000 | |
| Camion (25 p. 100) | 1375 | |
| Mobilier(10 p. 100) | 100 | |
| | | 7.975 |
| - Intérêts (13 p. 100 du capital investi) | | 9.685 |
| | | |
| (iv) Coût total de production de 1349 to | | |
| de farine de sorgho | | 193.363 |
| Moins ventes de son (30 \$/to) | | 9.600 |

| | | |
|--|--|---------|
| Total | | 183.763 |
| Prix de revient de 1 to farine = 136 ₪ | | |

b. Coûts de production de la farine de sorgho (extraction 72 p. 100 pour la farine composée)

81 . Les valeurs données dans l'analyse qui suit sont basées sur la quantité réelle de sorgho transformé au FRC en 1978. L'installation pilote a travaillé avec une équipe de 8 heures pendant 313 jours durant cette année l.

| (i) Coûts directs de production: | | ₪ |
|--|-----|--------|
| - matière première(204 to) | | 19.639 |
| - emballages (1825 sacs) | | 457 |
| - main-d'oeuvre (directe) | | 1.310 |
| - fluides: | | |
| Électricité (20.900 kWh) | 683 | |
| fuel (2 gallons/jour) | 250 | 933 |
| - entretien (5 p. 100 des investissements en matériel et camion) | | 2.675 |
| (ii) Coûts directs d'exploitation: | | |
| | | |

| | | |
|---|------|----------------|
| - main-d'oeuvre (indirecte) - fonctionnement laboratoire, etc. | | 2.624 2.036 |
| (iii) Coûts indirects d'exploitation: | | |
| - amortissement: | | |
| bâtiment (5 p. 100) | 500 | |
| matériels (12,5p. 100 de 48,000 ₪) | 6000 | |
| camions (25 p. 100) | 1375 | |
| meublier (10 p. 100) | 100 | 7.975 |
| - intérêts 113 p. 100 du capital investi) | | 9.685 |
| (iv) Coût total de fabrication de 146,8 to de farine: | | 47.334 |
| Moins ventes de son (30 ₪/to) | | 1.680 |
| | | 45.654 |
| Prix de revient de la tonne de farine: 311 ₪ | | |

c. Coûts de production de sorgho perlé (60 p. 100 d'extraction).

82. La production de sorgho perlé exige les mêmes moyens que celle de farine voir en a) - l'exception de la dépense d'énergie estimée deux fois moindre.

| | | |
|---|--------|-----------|
| Les coûts totaux de production de 1.012 to de sorgho perlé | | €S |
| sont €gaux € | | 193.363 |
| Moins 50 p. 100 d'€nergie | 1.729 | |
| Valeurs des grains brisés (140 LS/to) | 47.180 | |
| Ventes de son (30 €S/to) | 9.600 | 58.509 |
| Prix de revient de 1 to de sorgho perlé: 133 €S | | 134.854 |

[Continue](#)

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">](#)

5.1.2 Le Mil

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

5.1.2.1 Technologie et installations.

83. La transformation industrielle du mil a été mise au point à l'Institut du Technologie Alimentaire (ITA), Dakar, Sénégal.

L'atelier de mouture de l'Institut est équipé comme suit:

- un décortiqueur SISCOMA M 164;
- nettoyeur Labofix permettant de séparer les glumelles et le son des grains décortiqués;
- un moulin JET 13 (voir Table 8) permettant d'obtenir soit de la farine très fine pour faire du pain, soit de la farine plus grosse pour préparer du couscous.

Les capacités horaires de production de ces différents appareils sont les suivantes: 120 kg de grain pour le décortiqueur; 24 kg de farine fine ou 45 kg de farine plus grosse pour le moulin JET 13. La technique de transformation du mil, qui comporte un décortilage puis la réduction des grains en farine dans un moulin à marteaux, est identique à celle du sorgho.

5.1.2.2 Analyse du coût de production de la farine de mill

84. Le calcul des coûts de production est basé sur les données suivantes:

- taux d'extraction: 78 p. 100 pour la farine de couscous et 75 p. 100 pour la farine à pain;

- décortiqueur M 164: 400 h de travail nettoyeur Labofix: 130 h de travail
- Moulin JET 13: 2000 h de travail - Pertes à la mouture: 3 à 6 p. 100

85. Capitaux investis en 1978 pour un travail par lots discontinus à l'atelier pilote de l'ITA:

| - équipements (taxes comprises) | F CFA |
|---------------------------------------|-----------|
| décortiqueur M 164 | 1.500.000 |
| moulin à marteaux | 600.000 |
| nettoyeur Labofix | 1.002.000 |
| balance | 30.000 |
| 3 commutateurs | 36.000 |
| - main-d'oeuvres-coûts d'installation | 45.000 |
| - terrain | 25.000 |
| - bâtiments | 1.250.000 |
| - divers et imprévus | 200.000 |
| Total: | 4.688.000 |

1 \$ US = 250 F CFA en 1978.

86. Coûts d'exploitation pour la production de farine de mil à l'atelier pilote de l'ITA  

Dakar

| | | |
|--|---|--|
| | Pour farine composee (pain, ptes, biscuits) 75 p. 100 d'extraction 48 to pain = 36 to farine | Pour le couscous 78 p. 100 d'extraction 90 to pain = 70,2 to farine |
| (i) Frais fixes: | F CFA | F CFA |
| - intert du capital | 42.192 | 42.192 |
| - amortissements (quipement et btiments) | 384.750 | 384.750 |
| - entretien (matriels et btiments) | 72.000 | 72.000 |
| - assurances | 70.000 | 70.000 |
| - main-d'oeuvre | 897.000 | 897.000 |
| Total: | 1.465.942 | 1.465.942 |
| (ii) Frais variables: | | |

| | | |
|--|-----------|-----------|
| - achat de mil | 3.024.000 | 5.670.000 |
| - emballages | 72.000 | 140.000 |
| - \diamond lectricit \diamond (34,33 FCFA/kWh) | 286.106 | 352.191 |
| | 3.382.106 | 6.162.191 |
| Moins ventes de son | 120.000 | 131.250 |
| | 3.262.106 | 6.030.941 |
| (iii) Frais totaux(i) + (ii) | 4.728.048 | 7.496.883 |
| Co \diamond t de 1 to de farine de mil (F CFA) | 131.335 | 106.794 |

87. Co \diamond ts de production au niveau industriel et commercial (F CFA en 1978):

| | Pour farine compos\diamonde extraction: 78,4p. 100 | Farine \diamond cous- cous extraction: 82,4p. 100 |
|--------------------|--|---|
| | F CFA | F CFA |
| - Mil(1000 kg) | 63.000 | 63.000 |
| - Frais de mouture | 24.670 | 22.923 |
| - Emballages | 3.920 | 4.120 |

| | | |
|--------------------------------|---------|--------|
| | 91.590 | 90.043 |
| Moins ventes de son | 2.500 | 2.125 |
| Total: | 89.090 | 7.918 |
| Coût de 1 to de farine de mil: | 113.640 | 16.700 |

5.1.3 Le Maïs

88. Les données qui suivent sont basées sur l'expérience acquise en Ethiopie en matière de production de farine de maïs utilisée en panification. Le programme correspondant a débuté en 1981 à partir d'une décision prise par le Conseil National Suprême du Plan, stipulant que les boulangeries ne recevraient plus que de la farine composée (83,33 p. 100 de blé et 16,67 p. 100 de maïs)

5.1.3.1 Technologie et installations

89. La technologie de mouture industrielle du maïs est bien connue. La minoterie "Debre Zeit Flour Mills" (Ethiopia Food Corporation) a mis au point un diagramme de mouture du maïs, simple et pratique destiné à produire des farines composées utilisables en boulangerie. La mouture est située en proximité de la minoterie où s'effectue le mélange des deux farines.

90. En ce qui concerne le procédé, le maïs est d'abord nettoyé, puis conditionné avant d'être moulu de manière classique sur des cylindres cannelés chargés d'effectuer une

separation aussi bonne que possible de l'albumen, du son et du germe Les cylindres broient le grain en petits morceaux tandis que le son et les germe sont éliminés par aspiration. L'albumen restant passe successivement dans plusieurs moulins à cylindre où il est réduit en farine. La farine est emballée dans des sacs de jute pour être transportée à la minoterie voisine où elle est mélangée à la farine de blé dans une proportion pondérale de 1:5. La farine composée ainsi formée est vendue aux boulangeries.

5.1.3. 2 Analyse des coûts de production de la farine de maïs:

91. La capacité nominale de 10 t/jour est utilisée à 40 p. 100 tout au long de l'année avec un taux d'extraction de 87p.100 (1\$ US = 2,07 Birr).

| 92. Coûts d'investissements en 1981 | Birr |
|-------------------------------------|------------|
| - matériel | |
| - laboratoire | |
| - montage | 4.200.00 |
| - terrain (1 ha) | |
| - bâtiments | 1.600.00 |
| - divers et imprévus | 800.000 |
| Total | 6. 600.000 |

93 . Coûts de production (1982/83)

| (i) Frais fixes | | Birr |
|--|-----------|------------------|
| - intérêts des emprunts | 287.000 | |
| - amortissements: | | |
| machines et équipements | 586.000 | |
| bâtiments | 84.000 | |
| - entretien (équipements et bâtiments) | 44.000 | |
| - assurances | 49.000 | |
| - main-d'oeuvre | 314.000 | 1.364.000 |
| (ii) Frais variables | | |
| - achat maïs (16.625 to) | 5.200.000 | |
| - emballages | 417.000 | |
| - électricité | 43.000 | |
| - divers | 1.179.000 | |
| Moins ventes de son | 341.000 | 6.498.000 |
| (iii) Coûts totaux (i)+(ii) | | 7.862.000 |

Prix de revient de 1 to de farine de maïs = 552 Birr(267 \$ US).

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

5.2 Systèmes de transformation du manioc

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

94. Le manioc est la principale source de glucides dans l'alimentation de nombreuses populations africaines. Les racines sont transformées de diverses façons en produits secs dans différentes régions du monde tropical, notamment en Afrique. Certains de ces produits secs sont connus sous les termes de cossettes (chips), de farine de manioc, de gari. (un produit fermenté et grillé), d'attiké (pulpe de manioc fermentée, cuite à la vapeur et séchée), de fécule et de tapioca, etc. Tous ces produits peuvent être conservés pendant quelques mois à condition qu'ils soient suffisamment secs, qu'ils ne contiennent pas de microorganismes et qu'ils soient bien emballés.

95. Deux raisons essentielles militent en faveur d'une localisation voisine des lieux de production pour un atelier de transformation du manioc. Les racines contiennent 65-70 p. 100

d'humidité et sont encombrantes: la localisation d'un atelier près des champs réduit les coûts de transport. En second lieu, on ne peut pas stocker des racines de manioc, même pour quelques jours, sans qu'elles subissent de sérieuses détériorations; la proximité des lieux de récolte réduit la durée entre la récolte et la transformation. Il est conseillé de ne pas dissocier un atelier de transformation du manioc d'un groupement de producteurs et d'une plantation industrielle capables d'assurer au moins 50 p. 100 des approvisionnements en racines.

96. Il faut rappeler que le choix d'un système quelconque de production doit tenir compte des réalités et des conditions locales existantes. Seuls devraient être pris en considération les systèmes susceptibles de bénéficier pleinement des ressources locales en capitaux, en matières premières, en main-d'oeuvre, en énergie et en eau.

5.2.1 Procédés de fabrication du gari

5.2.1.1 Technologie et installations

La Fig. 20 montre les différentes étapes de la fabrication du gari.

[Fig. 20 Fabrication industrielle du gari](#)

97. Les racines de manioc sont débarrassées de leur fine pellicule externe et de l'écorce interne, constituée du phelloderme, par épluchage manuel. L'épluchage mécanique s'est révélé moins efficace que le pelage à la main, que l'on recommande d'utiliser dans ce cas.

98. Les racines **pluchées** sont **pesées** puis **dirigées** vers un **lavoir** où les **particules de terre** et autres **impuretés** sont **enlevées** avec de l'eau. Ensuite de quoi les racines sont **réduites** en **purée** un **moulin à marteaux**.

99. Cette **purée** est **abandonnée** pendant 3-5 jours pour **fermentation** à **température ambiante**. Les **acides organiques** engendrés par la **fermentation** provoquent la **décomposition** des **composés cyanurés** toxiques en **acide cyanhydrique gazeux**. Les **aldéhydes** et les **esters** produits en fin de **fermentation** contribuent à engendrer le **goût** et l'**arôme** caractéristique du **gari**.

100. L'**humidité** de la **purée fermentée** est **réduite** de 70 à 50 p. 100 environ à l'aide d'une **presse hydraulique**. Le **gâteau pressé** est ensuite **broyé** dans un **broyeur à marteaux** puis **calibré** par **tamissage**. Les **particules fibreuses** refusées au **tamis** peuvent être **utilisées** en **alimentation animale**.

101. L'**appareil de garification**, un **cylindre rotatif** entouré d'une **double enveloppe chauffante**, transforme le **gâteau tamisé** en **gari** par **gélatinisation partielle** de l'**amidon**. Ces **granules partiellement gélatinisés** sont **séchés** jusqu'à 8-10 p. 100 d'**humidité** dans un **séchoir** du type **conventionnel en cascade**, en faisant **passer de l'air chaud** à travers un **flot tombant** du produit **garifié**. Les **restes d'acide cyanhydrique** sont **éliminés** en **même temps**.

102. Après **refroidissement** à la **température ambiante**, le **gari sec** est **moulu** et la **granulométrie désirée**, **pesée** et **emballée** dans des **sacs de jute** ou en **polyéthylène**.

5.2.1.2 Analyse des coûts de fabrication du gari

Capacité: 2240 kg/h de racines donnant 440 kg/h de gari.

| 103. Coût des investissements d'une fabrique de gari | \$ US |
|--|-----------|
| - achat de matériel | 392.500 |
| - transports des équipements | 45.76 |
| - coût de montage | 144.710 |
| - prestations de service | 332.420 |
| - 2 camions (de 5 to chacun) | 31.430 |
| - terrain (environ 2000 m2) | 2.730 |
| - bâtiments(782m2) | 334.250 |
| - imprévus (10 p. 100 des frais fixes) | 127.680 |
| Total: | 1.411.480 |

104. Frais de fabrication du gari

| | | |
|--|--|--|
| (i) Coûts directs de production du gari: | | |
|--|--|--|

| | | |
|--|---------|---------|
| - matière première (13.440 to de racines) | | 600.000 |
| - emballages (62.800 sacs; 25 p. 100 matière première) | | 150.000 |
| - main-d'oeuvre directe | | 150.000 |
| - fluides: | | |
| huile diesel (753.690 litres) | 225.000 | |
| eau(4.125.000 litres) | 1.500 | 226.500 |
| - entretien (10 p. 100 achats de matériel) | | 40.000 |
| (ii) Coûts directs de fabrication: | | |
| - main-d'oeuvre indirecte | | 94.455 |
| - frais généraux (20 p. 100 coûts de main-d'oeuvre) | | 36.000 |
| (iii) Coûts indirects de fabrication: | | |
| - amortissement: | | |
| bâtiments (4 p. 100) | 7 000 | |
|  quipements (10 p. 100) | 91.000 | |
| camions (25 p. 100) | 8.000 | 106.000 |
| - intérêts des emprunts | | |

| | | |
|--|--|-----------|
| (14p. 100 de 3.071.749 \$ US) | | 430.045 |
| (iv) Coût total de fabrication de 2640 to de gari. | | 1.833.000 |
| Prix de revient de 1 kg de gari: 0.7 \$ US. | | |

5.2.2 Féculé de manioc: féculerie industrielle

5.2.2.1 Technologie et installations

La Fig. 21 illustre les différentes étapes de fabrication de la féculé de manioc.

[Fig. 21: Production industrielle de féculé de manioc](#)

105. Les extrémités ligneuses des racines sont coupées à la main à l'aide de couteaux tranchants afin d'éviter d'endommager les racines. Les racines sont lavées dans un lavoir puis dirigées vers une machine à plucher qui élimine la fine pellicule externe. La plus grande partie du phelloderme, qui contient un peu d'amidon, est maintenue.

106. Les racines pluchées sont coupées en morceaux puis réduites en pulpe fine. On ajoute à cette pulpe une concentration de 0,05 p. 100 de dioxyde de soufre obtenu par combustion de soufre, ceci dans le but d'empêcher une contamination par des microorganismes. L'acide sulfureux est ultérieurement éliminé par des lavages à l'eau effectués au cours de la

purification.

107. Pour extraire la fécule, la pulpe est lavée dans une série de tamis de plus en plus fins qui sont vaporisés avec un jet d'eau. La pulpe résiduelle refusée par les tamis est pressée, séchée et vendue comme fourrage.

108. Le lait d'amidon passe dans des hydrocyclones où le sable et les autres impuretés sont éliminés. Il passe ensuite dans deux séparateurs centrifuges ayant pour fonction de séparer la fécule pure des contaminants solubles.

109. La fécule humide est filtrée dans des filtres rotatifs sous vide ou essorée dans des centrifugeuses verticales. Elle ne contient plus alors que 40-45 p. 100 d'eau, puis elle est séchée à 50°C dans des séchoirs à détente jusqu'à une teneur en humidité finale de 10 p. 100. La fécule en poudre est blutée puis emballée dans des sacs en jute de 50 kg.

5.2.2.2 Analyse du coût de production de la fécule de manioc

110. La ventilation des coûts donnés ci-après est basée sur des études antérieures et des informations obtenues auprès de transformateurs traditionnels et de fabricants de matériel.

111. On suppose que :

- le matériel est acheté hors taxe et rendu sur place;
- l'usine travaille 24 h/jour pendant 250 jours par an;

- 90 p. 100 du capital (y compris les fonds de roulement) est emprunté une banque.

La capacité nominale de l'usine est de 2 to/h de racines et de 400 kg/h de t'cule sèche.

| 112. Capital d'investissement d'une féculerie | \$ US |
|--|------------------|
| - achats de matériels | 539.200 |
| - transport du matériel | 64.700 |
| - montage | 211.460 |
| - prestations de service | 455.380 |
| - 1 camion (7 tonnes) | 21.430 |
| - terrain (un acre) | 5.460 |
| - bâtiments (1260 m2 couverts) | 549.820 |
| - imprévus (10 p. 100 des frais fixes) | 184.750 |
| Total | 2.032.200 |

113. Frais de fabrication de la fécule de manioc

| | | |
|---|--|--|
| (i) Frais directs de production: | | |
|---|--|--|

| | | |
|--|---------|---------|
| - mati <u>res</u> premi <u>res</u> : | | |
| racines de manioc (12.000 to) | 537.000 | |
| soufre (13,2 to) | 23.000 | 560.000 |
| - emballages (48.000 sacs, 25 p. 100 mati <u>re</u> premi <u>re</u>) | | 140.000 |
| - main-d'oeuvre directe | | 12.000 |
| - fluides: | | |
| <u>lectricit</u> (718.390 kWh) | 60.000 | |
| eau (960.000 mi) | 31.000 | |
| huile diesel, s <u>ch</u> age et camions (204.2921) | 61.000 | 152.000 |
| - entretien (10 p. 100 prix du mati <u>riel</u>) | | 54.000 |
| b <u>tim</u> ents (2 p. 1 00) | | |
| mati <u>riel</u> (5 p. 100) | | |
| camion (15 p. 100) | | |
| (ii) Co <u>ts</u> directs de fabrication: | | |
| - main-d'oeuvre indirecte | | 36.000 |
| | | |

| | | |
|--|---------|-----------|
| - frais généraux (20 p. 100 main-d'oeuvre) | | 7.000 |
| (iii) Coûts indirects de fabrication: | | |
| - amortissements: | | |
| bâtiments (4 p. 100) | 10.000 | |
| équipements (10 p. 100) | 127.000 | |
| camions (25 p. 100) | 5.000 | 142.000 |
| - intérêts des emprunts | | |
| (14 p. 100 de 3.305.061 \$ US) | | 462.708 |
| (iv) Coût total de fabrication de 2.400 to de fécule | | 1.565.708 |
| arrondi | | 1.566.000 |
| Prix de revient de 1 kg de fécule: 0,65 \$ US | | |

5.2.3 Farine de manioc: production industrielle par mouture sèche: usine pilote de TOUMODI (Côte d'Ivoire)

5.2.3.1 Technologie et installations

114. Dans la méthode traditionnelle, les cossettes de manioc (chips) sèches au soleil sont réduites en farine par pilonnage ou par mouture dans des moulins à marteaux ou meules.

Cette façon de faire est très connue en Afrique, tandis que la fabrication industrielle de farine de manioc est relativement récente. En Côte d'Ivoire, la "Société Bertin" a fourni le matériel installé en 1980 à Toumodi, à 150 km d'Abidjan. Le diagramme de fabrication est donné Fig. 22.

115. L'opération la plus difficile à réaliser industriellement est l'épluchage des racines de manioc; la technique d'épluchage appliquée à la chaîne de fabrication Bertin ne donne pas entière satisfaction, car elle engendre des pertes de matière première de 30 p. 100. En fait, aucun pays n'a encore réussi à mettre au point un procédé industriel d'épluchage de racines de manioc donnant satisfaction au plan économique; la technologie développée au Brésil ne peut être appliquée qu'aux variétés de manioc brésiliennes, à tel point qu'une usine de gari. montée au Nigeria par un constructeur brésilien est contrainte d'éplucher les racines de manioc à la main.

[Fig.22: Diagramme de fabrication de gari, d'attiké et de farine de manioc à l'usine Toumodi, Côte d'Ivoire](#)

116. Durant trois années de recherche et de développement (1981-1983), la "Société Ivoirienne de Technologie Tropicale, 12T" a mis au point une technologie nouvelle et parfaitement fiable d'épluchage industriel du manioc. Des essais réalisés sur plus de 20 variétés de racines ont été couronnés de succès, car il est possible d'ajuster mécaniquement le procédé pour l'adapter aux caractéristiques physiques particulières de chaque variété. L'efficacité du système d'épluchage industriel 12T est égale sinon

supérieure à celle d'un épluchage manuel.

117. A la suite de ces résultats, l'installation originale "BERTIN" a été supprimée et remplacée par un broyage différentiel et une station d'affinage conçus et construits sur place par 12T qui a acquis ainsi une grande expérience dans le domaine des contraintes de transformation. L'Institut est capable d'agir en tant qu'Ingénieur Conseil pour les études de faisabilité de complexes agro-industriels intégrés.

118. Il est recommandé qu'une coopération technique fondée sur des échanges d'information s'instaure entre les différents pays africains producteurs de manioc, de façon que ce que chacun puisse profiter des informations disponibles chez 12T. En effet, 12T a développé, en plus de l'épluchage industriel, des méthodes originales et rentables de fabrication de farine, d'attiké et de gari de manioc.

119. A noter que les activités de recherche et développement conduites par 12T ont permis d'améliorer les caractéristiques agronomiques des variétés de manioc sélectionnées pour leur aptitude à la transformation industrielle. Certaines variétés à haut rendement peuvent contenir jusqu'à 40 p. 100 de matière sèche et donner 50-60 tonnes de racines à l'hectare dans des conditions favorables.

5.2.3.2 Analyse du coût de production de la farine de manioc

120. L'usine de Toumodi comporte deux lignes de fabrication: la ligne de production de farine,

d'une capacité de 2 to/h de racines, et la ligne attiéké/gari d'une capacité de 1 to/h de racines. Le taux d'extraction dépend de la teneur en matière sèche des racines et des variétés travaillées. A partir de racines contenant 35 p. 100 de matières sèches, on peut obtenir un rendement de 22-23 p. 100 de gari, d'attiéké ou de farine, ce qui implique une efficacité de 65 p. 100. En ce qui concerne la production de farine, la Recherche et Développement de I2T a montré qu'il était possible d'accroître de 22-23 à 30 p. 100 le rendement, ce qui correspond à une efficacité technique de 86 p. 100.

| 121 . Investissements en capital (1980) | M illions F CFA |
|---|------------------------|
| - matériel d'usine | 143.5 |
| - matériel de laboratoire | |
| - montage | 28.6 |
| - véhicules | 14.5 |
| - bâtiments (y compris forage d'un puits, logements des travailleurs, | |
| installations électriques et terrain) | 103.0 |
| - divers et imprévus | 14.4 |
| | 304.0 |

122. Frais de fabrication (1983)

| | |
|--|-------|
| (i) Frais fixes | |
| - intérêts du capital emprunté et assurances | 6.6 |
| - amortissements (machines, équipements, bâtiments) | 17.0 |
| - entretien (matériel, bâtiments) | 2.7 |
| - main-d'oeuvre (indirecte) | 5.3 |
| | 31.6 |
| (ii) Frais variables | |
| - racines de manioc (10 F C F A/kg) | 43.5 |
| - emballages | 4.5 |
| - combustibles (fuel) | 30.0 |
| - électricité | 1().0 |
| - main-d'oeuvre (directe) | 6.0 |
| - divers | 6.8 |
| | 100.8 |
| Moins. ventes de sous-produits | 7.8 |
| | 93.0 |
| (iii) Frais totaux (i) + (ii) = 124,6 F CFA/kg de farine (équivalent 0,3 \$ US fin 1 983). | |

123. Les coûts de production du gari et de l'attiké s'élèvent à 154 F CFA/kg (0,38 \$ US). On peut obtenir une réduction de 20 p. 100 de ces coûts en remplaçant l'énergie fossile par du biogaz obtenu à partir des parties aériennes du manioc (tiges et feuilles). De plus, le développement de nouveaux produits prévu par le "Plan Manioc Ivoirien" (Fig. 23) pourrait engendrer de nouveaux profits et concourir à la réduction des coûts de production de la farine et du gari.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

5.3 Activités industrielles

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

5.3.1 Le Sorgho

124. En dehors des installations pilotes du Centre de Recherches Alimentaires (FRC) (voir alinéas 74-87), le Soudan dispose de deux minoteries industrielles de sorgho. L'une d'elles, située à Khartoum Nord, a été installée par la Société F. H. SCHULE d'Allemagne

Fédérale (Fig. 24). L'autre est située à Wadi Medani, environ 220 km au sud de Khartoum, et a été fournie par United Milling Systems du Danemark. Les deux minoteries ont une capacité de mouture de 2 to/h. L'intérêt pour la transformation du sorgho s'est accru considérablement au Soudan depuis l'installation des deux précédentes minoteries. Quinze entrepreneurs ont déjà demandé des licences pour installer de nouvelles minoteries de sorgho dans le pays. Malheureusement, les difficultés économiques que connaît le Soudan limitent les possibilités de développement dans ce secteur, tout comme elles contraignent les minoteries existantes à limiter leur capacité de production à 70 p.100.

5.3.2 Le Mil

125. La mouture du mil péninsulaire à l'échelon industriel a été développée au Sénégal. La "Société Industrielle de Transformation du Mil" (SITRAMIL) et la SAVIMAR ont envisagé d'établir une usine de transformation du mil pour fabriquer des produits céréaliers traditionnels, nouveaux et/ou modifiés. De plus, la majeure partie de la farine de mil produite dans le cadre du projet ITA/USAID basée à l'ITA de Dakar servira à une étude de faisabilité portant sur la production industrielle et la commercialisation de produits traditionnels et nouveaux à base de mil. Les "Moulins SENTENAC" de Dakar, au Sénégal, utilisent le type de matériel de décorticage illustré Fig. 25. Différents produits à base de mélanges de blé et de mil ou de maïs, illustrés Fig. 26 sont commercialisés en Europe Occidentale.

Système intégré agro-industriel de transformation du manioc

[Fig. 23 Diagramme du "Plan Manioc Ivoirien" .](#)

5.3.3 Le Maïs

126. Les procédés de mouture sèche du maïs sont bien connus dans de nombreux pays d'Afrique où ils sont utilisés au niveau industriel et artisanal.

5.3.4 Le Manioc

127. Dans le cadre d'un programme de développement rural au Ghana, le "Mafi-Kumasi Common Services Centre for Cassava Processing" a été mis en oeuvre en 1980 par le "National Council on Women and Development", un organisme gouvernemental, avec l'assistance technique et financière de l'USAID (Agence des Etats Unis pour le Développement International). Le projet opère dans une région productrice de manioc où les villageois, notamment les femmes, ont été mobilisés par la production et la transformation du manioc depuis des décennies.

128. Le Centre offre actuellement ses services aux cultivateurs de manioc et aux transformateurs villageois dans un rayon de 7 km. Les prestations du Centre comprennent la mise à disposition de tracteurs aux fermiers et de matériels de fabrication de gari ou de pâte de manioc. Le Centre dispose d'une râpe, d'une presse hydraulique, d'un désagrégeur, d'un torréfacteur, d'une calibreuse et d'un broyeur. Les autres activités comprennent l'achat et le reconditionnement du gari. Il semble que la production journalière maximale atteigne 400 kg

de gari.

129. Au Cameroun, un atelier de mouture de racines sèches de manioc a été établi à Bembourang, en zone de savane. L'entreprise, qui produit annuellement 600 to de farine de manioc, achète les racines sèches, les moule, les blute et vend la farine conditionnée dans les grandes villes.

Le Gouvernement du Cameroun a accordé un contrat de 8.1 millions de \$ US pour créer une plantation de 3000 ha de manioc et une usine de transformation devant produire annuellement 4000 to de fécule, du glucose et du tapioca. On espère que la plantation fournira au minimum 20.000 to de racines de manioc par an

130. Un certain nombre d'entreprises industrielles entièrement mécanisées de fabrication de gari ont été installées dans différents pays d'Afrique Occidentale depuis 1969. Il s'agit, entre autres, des usines de Banjul en Gambie, d'Illaju et d'Opeji au Nigeria et d'Assin-Fosu au Ghana. Chacune de ces usines a une capacité de production de 44() kg de gari par heure. Cependant la plupart d'entre elles travaillent actuellement sur une base journalière dictée par les approvisionnements en matière première. L'usine d'Opeji est approvisionnée en racines produites dans une plantation intégrée. Le terrain a été loué à bail par les propriétaires fermiers, qui ont des participations dans l'entreprise industrielle et qui sont engagés pour cultiver le manioc. L'affermage du sol s'est révélé être le meilleur moyen d'assurer des approvisionnements réguliers en matière première. L'usine d'Opeji, qui emploie 100 personnes travaillant 24 heures sur 24 heures en quatre équipes pendant 300

jours par an, semblait tourner en pleine capacité en 1981. La production semble atteindre 7700 kg de gari par jour.

131. Un contrat a été passé en 1981 pour établir une unité de production de 440 kg/h de gari Farannah, en République de Guinée. Le contrat comprend des dispositions spéciales devant amener une prestation de service en matière de conseil et de gestion pour le développement d'une pépinière et d'une ferme de 200 ha susceptible de constituer le noyau d'approvisionnement en racines de l'usine.

132. D'autres négociations ont été conduites depuis 1981 en vue d'établir une usine de production de gari de même capacité que ci-dessus à Ondo, au Nigeria.

133. Une féculerie installée en Ouganda est prévue pour fabriquer journalièrement 5 tonnes de fécule en deux postes de 8 h/jour. L'usine peut également travailler avec trois équipes de 8 h et atteindre ainsi une production journalière de 7,5 to.

134. Un décret autorisant l'addition, jusqu'à 10 p. 100, de farine de manioc à la farine de blé a été promulgué en République Centrafricaine.

135. Au Ghana, la substitution partielle de farine de blé par d'autres farines est connue en boulangerie depuis la deuxième guerre mondiale. L'addition de la farine de blé de 5 à 20 p. 100 de farine non panifiable, y compris de farine de manioc ou du gari, a été d'un usage courant en boulangerie. Les produits de boulangerie issus de farines composées sont

commercialisés en périodes de pénurie de blé, mais dans ce cas les produits locaux de substitution utilisés comme diluants sont aisément disponibles.

5.4 Fournisseurs de matériel pour transformation de céréales

- Manghula Mechanical and Machine Tools Co. Ltd., P.O. Box 30, Manghula, Morogoro, Tanzanie;
- Mwanza Engineering Works, P.O. Box 587, Mwanza, Tanzanie;
- Mike Motors, Auto Engineering, P.O. Box 287, Moshi, Tanzanie; - D & M Inventors, P.O. Box 820, Mwanza, Tanzanie;

5.4.1 Fabricants de matériel de mouture de sorgho et de mil

- United Milling Systems, Gamle Carlsberg Vej 8, DK 2500 - Valby, Copenhague, Danemark;
- F. H. Schule GmbH, Hammerdeich 70, Hambourg 26, République Fédérale d'Allemagne.
- Bühler Frères SA; CH-9240 Uzwil, Suisse;

5.4.2 Fabricants de matériel de transformation du maïs

- **Böhler Frères SA., CH-9240 Uzwil, Suisse**
- **Manik Engineers, Manufacturers of Maize Mills, Factory Area, P.O. Box 1274, Arusha, Tanzanie;**
- **OCRIM SpA, Via Massarotti 76, Cremona, Italie.**

5.5 Fournisseurs de matériel de transformation du manioc

a. Pour la fabrication de gari

1. Usines clés en main

- **Agricultural Engineers Ltd., Ring Road, West Industrial Area, P.O. Box 3707, Accra, Ghana;**
- **Maquina d'Andrea, Rua Jose Bonifacio, 29-9" Sala 9 1 , São Paulo, Brésil;**
- **Newell Dunford Engineering Ltd, Newell Dunford House, Portsmouth Road, Surbiton, Surrey KT6 5QF, Angleterre;**
- **Nivoba BV, Postbus 40, 9640 AA Veendam, Pays-Bas.**
- **Projects Development Institute (PRODA), National Science & Technology Development Agency, 3 Independence Layout, P.O. Box 609, Enugu, Nigeria.**

- Sociéte Ivoirienne de Technologie Tropicale (12T), 04 B.P. 1137 Abidjan 04, Côte d'Ivoire.

2. Rapes manioc

- Robt. Friess KG, Landmaschinen Fabrik, Malmsheim Krs. Leonberg; Nr. Stuttgart, République Fédérale d'Allemagne

- S. Corbett & Son, Park Street Works, Wellington, Shropshire, Angleterre.

- AGROMACHINES Ltd, P.O.B.9047, Monrovia, Liberia.

3. Broyeur marteaux (pour la fabrication de gari)

- Ascot Mec Works, Ayr, Ecosse.

b. Pour les féculeries

- Alfa-Laval Ltd. (of Sweden), Great West Road, Brentford, Middlesex, TW8 9BT, Angleterre;

- Adolf Hubrich Maschinenbau, 2000 Hamburg 1, Ernst-Merckstrasse 12-14, République Fédérale d'Allemagne:

- **Bangua Steel Works Ltd, Part. - 741 Soi Mitudom 2, Sukhumvit Road, Samrong, Samudpraharn, Thaïlande.**
- **Bernauer, Secadores Industries Ltd., Praca Wilhelm Bernauer, 37-Villa Prodente-CEP 03127,3748 CEP 01000, São Paulo, Brésil;**
- **Braunschweigische Maschinenbauanstalt, 3300 Braunschweig, Posttach 295, République Fédérale d'Allemagne;**
- **Continental Engineering Ltd., Lutmastraat 2, Amsterdam, Pays-Bas;**
- **Dorr-Oliver, Baden Powellweg 305, P.O. Box 9090, Amsterdam, Pays-Bas;**
- **Maquina d'Andrea, Rua Jose Bonifacio 29-9" - Sala 91, São Paulo, Brésil;**
- **Nivoba BV, Postbus 40, 9640 AA Veendam, Pays-Bas;**
- **Otto Wolf Co.,63 Commerce Street, Chambersburg, Pennsylvania, USA;**
- **Projects Development Institute (PRODA), National Science & Technology Development Agency, 3 Independence Layout, P.O. Box 609, Enugu, Nigeria;**
- **Starcosa GmbH, Postfach 5105, 3300 Braunschweig, République Fédérale d'Allemagne;**

- Störketechnik Grindel & Co., 2 Hamburg 20, Heinickerstrasse 4, République Fédérale d'Allemagne;

- Westfalia (Separators) Ltd., D-4740 Oelde, Westphalia, Werner-Habig-Strasse I, République Fédérale d'Allemagne.

c. Pour la production de farine, de gari et d'attik

- Société Ivoirienne de Technologie Tropicale (12 T), 04 B.P. 1137 Abidjan 04, Côte d'Ivoire, (Télex 3347, Téléphone 33 23 68; 33 21 78).

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Chapitre VI - Utilisation des produits de mouture

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

6.1 Produits a base de farines composés

Spécifications pour les farines et le gari

136. La composition chimique des farines de mil et de sorgho, de la féculé et de la farine de manioc utilisables pour la confection de farines composées est donnée Table 9. La féculé de manioc convient mieux que la farine de manioc en boulangerie du fait de son absence de fibre.

Table 9: Composition chimique des farines de mil, de sorgho. de manioc et de la féculé de manioc (en p. 100)

| | Farine de sorgho | Farine de mil | Féculé de manioc | Farine de manioc |
|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Humidité | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 |
| Protéines (N x 6.25) | 8.4 | 7.4 | 0.3 | 1.6 |
| Matières grasses | 2.2 | 4.2 | - | - |
| Fibres | 1.0 | 1.9 | - | 1.5 |
| Cendres | 0.9 | 1.1 | 0.1 | 1.7 |
| Glucides | 75.5 | 73.4 | 87.6 | 83.2 |

Une faible teneur en fibre des farines de sorgho, de mil ou de maïs est également souhaitable pour usage en boulangerie. Il est également nécessaire d'avoir une faible teneur en matières minérales (cendres) dans les farines de céréales secondaires ou de racines utilisées en

panification si l on veut obtenir du pain ayant une mie de belle coulent et d'un go€t agr€able. Dans le cas du mats' il est pr€f€rable d'utiliser des farines de mats d€germ€ dont les teneurs en fibre, mati€res grasses et cendres sont int€rieures € celles du mats entier, comme le montre la Table 10.

Table 10: Composition chimique comparative de diff€rents types de farines de maïs (en p. 100)

| | Farine de maïs entier | Farine de maïs d€cortiqu€ | Farine de maïs d€germ€ |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| Humidit€ | 12.0 | 12.0 | 12.0 |
| Prot€ines (N x 6.25) | 9.0 | 7.2 | 8.0 |
| Mati€res grasses | 4.5 | 2.4 | 1.0 |
| Fibre | 1.8 | 1.0 | 0.5 |
| Cendres | 1.4 | 0.7 | 0.4 |

137. En ce qui concerne la production de biscuits € partir de farines compos€es, il est souhaitable de maintenir un taux de mati€res grasses aussi bas que possible dans les farines utilis€es, de fa€on € assurer une longue dur€e de conservation des biscuits obtenus. Une faible teneur en mati€res grasses r€duit en effet d'autant le danger de rancissement enzymatique ou oxydatif redevable € la pr€sence d'enzymes lipolytiques, toujours pr€sentes

dans les farines, ainsi qu' la présence d'oxygène dans l'air. Pour cette raison, il est préférable d'utiliser en biscuiterie des farines de maïs d'germe et de la fécule de manioc plutôt que les autres farines mentionnées précédemment.

138. Un autre paramètre important de la qualité d'utilisation des farines autres que le blé en panification est leur granulométrie (voir alinéa I 1). Une granulométrie très fine confère au pain un meilleur goût et une texture moins sablonneuse et moins friable.

139. Les caractéristiques du gari utilisés en panification ont les suivantes:

- faible teneur en humidité, 8-10 p. 100,
- capacité de gonflement d'au minimum 300 p. 100,
- couleur crème ou très légèrement jaune,
- absence d'impuretés et d'insectes, granulométrie uniforme,
- absence d'odeur anormale,
- teneur en acide cyanhydrique inférieure à 20 p. p. m.
- acidité inférieure à 1 p. 100.

6.1.1 Produits de boulangerie

6.1.1.1 Le pain

A. Fabrication du pain de sorgho

140. La proportion de farine de sorgho pouvant être mélangée à la farine de blé en panification varie beaucoup en fonction de la qualité boulangère de la farine de blé utilisée. Lors d'essais de panification réalisés au FRC (Food Research Centre) de Khartoum, on a remplacé 25 à 30 p. 100 de farine de blé par de la farine de sorgho à 72 p. 100 d'extraction. La farine de blé importée était une farine standard à 72 p. 100 d'extraction. Les tests d'acceptabilité de pain contenant 70 p. 100 de blé et 30 p. 100 de sorgho, réalisés par des membres du FRC et du PNUD habitués à manger du pain, ont été satisfaisants. Environ 88 p. 100 des 51 dégustateurs ont classé le pain entre bon et excellent. Les critères d'appréciation de la qualité étaient son apparence, son goût, sa couleur, son odeur et sa texture.

141. La production de pain fabriqué avec 80 p. 100 de blé et 20 p. 100 de sorgho s'est accrue de 500 à 1000 unités de 270 g par jour. Les principaux critères de succès des farines composées de sorgho sont la couleur et la finesse de la farine de sorgho utilisée (voir alinéas 11 et 136). Pour un bon grain blanc de sorgho, un taux d'extraction de 72,75 p. 100 donne une bonne farine utilisable en panification. La réflectance de la farine devrait se situer au dessus de 72 p. 100.

Une bonne formulation pour fabriquer du pain à partir de farine composée de sorgho est la suivante:

Formulation

| | Parties (p. 100 poids de farine) |
|------------------|---|
| Farine de blé | 80 |
| Farine de sorgho | 20 |
| Levure | 1 |
| Sucre | 0.4 |
| Matière grasse | 0,9 |
| Sel | 1,7 |
| Eau | variable |
| Acide ascorbique | 50 p.p.m. |

Procédure: comme l'alinéa 146.

Analyse de coûts

142. Les calculs de coûts suivants sont basés sur les opérations réalisées au FRC au Soudan. On suppose que:

- la boulangerie du FRC travaille en deux équipes de 8 h pendant 288 jours par année;
- le prix de la farine de sorgho est le même que celui du blé;
- 750 kg de farine de blé sont utilisés comme farine de fleurage par année;

- 26 pétrins de 46 kg de farine chacun sont préparés journallement, ce qui représente 6370 pains de 270 g.

a. Capital investi dans la boulangerie du FRC

| - matériel: | | €S |
|--------------------------------------|--------|----|
| four de boulangerie | 10.500 | |
| pétrin normal | 1 .570 | |
| pétrin grande vitesse | 800 | |
| machine bluter | 1.060 | |
| diviseuse | 900 | |
| diviseuse-bouleuse | 610 | |
| façonneuse | 1 .010 | |
| armoie de fermentation intermédiaire | 2.510 | |
| armoie de fermentation finale | 1 .000 | |
| batteur planétaire | 300 | |
| laminoir pâte | 300 | |
| machine trancher le pain | 400 | |
| | | |

| | | |
|---|-------|--------|
| balances | 600 | |
| petit outillage, moules, etc. | 1.200 | 22.760 |
| - montage | | 3 000 |
| - terrain | | 1 500 |
| - b ^o timents | | 10.000 |
| - camion | | 5 500 |
| - fond de roulement (1 mois de mati ^è res premi ^è res, sauf le sorgho) | | 750 |
| <i>Total</i> | | 43.510 |

b. Co^ots de production

| (i) Co ^o ts directs de production | | Co ^o t |
|---|--------|-------------------|
| - mati ^è res premi ^è res: | | |
| farine de bl ^é (276.278 kg) | 24.883 | |
| farine de sorgho (68.889 kg) | 6.151 | |
| levure (3369 kg) | 9.550 | |
| sucres (1497 kg) | 400 | |
| | | |

| | | |
|---------------------------------------|-------|--------|
| sel (5988 kg) | 450 | |
| matière grasse (2995 kg) | 1.630 | |
| acide ascorbique (67.392 cachets) | 350 | 43.420 |
| - main-d'oeuvre directe | | 12.470 |
| - fluides: | | |
| électricité | 1.000 | |
| combustible (6895 gallons de fuel) | 6.770 | 7.770 |
| - entretien (5 p. 100 du coût des | | |
| équipements et camion) | | 1.430 |
| (ii) Frais directs de fabrication: | | |
| - main-d'oeuvre (indirecte) | | 6.730 |
| - fonctionnement laboratoire, etc. | | 2.040 |
| (iii) Frais indirects de fabrication: | | |
| - amortissement: | | |
| bâtiments (5 p. 100 | 500 | |
| matériel | 2.875 | |
| camion | 1.375 | 4.750 |
| | | |

| | | |
|---|--------|-------|
| - interêts (13 p. 100 de 43.750 S) | | 5.690 |
| (iv) Coûts totaux de fabrication de 495.330 kg de pain. | 84.300 | |
| Prix de revient de 1 kg de pain de sorgho: 0,17 S | | |

B. Fabrication du pain de mil

143. Lorsqu'on ajoute au blé une quantité non négligeable de farine non panifiable de céréales ou de plantes racines, il faut ajouter plus d'eau pour hydrater la pâte. La quantité d'eau supplémentaire requise peut varier de 3 à 5 p. 100 du poids de farine composée et dépend des propriétés particulières de la farine de substitution utilisée.

144. Une farine composée comportant 15 parties de farine de mil et 85 parties de farine de blé absorbe 3 p. 100 plus d'eau qu'une farine de blé pur. La durée du pétrissage et du pointage d'une farine composée contenant 15 p. 100 de mil est d'environ 15 minutes plus courte que pour une farine de blé.

145. La formulation et les conditions de fabrication suivantes permettent d'obtenir un pain de mil de bonne qualité:

Formulation

| |
|----------------------------------|
| Parties (p. 100 poids de farine) |
|----------------------------------|

| | |
|---|------------|
| Farine composée (85 p. 100 bl et 15 p. 100 mil) | 100 |
| Levure sèche | 2 |
| Sel | 1 |
| Sucre | 2 |
| Matière grasse | 1 |
| Eau | environ 58 |
| Acide ascorbique | 5 p.p.m |

146. La pâte peut être préparée à l'aide du matériel utilisé en panification normale de blé.

Procédure

| | |
|---|--|
| Temps de pétrissage | 15-20 min. dans un pétrin conventionnel (un pétrin rapide n'est pas conseillé). |
| Température de la pâte | environ 28°C (82,5°F) |
| Durée de pointage | 30 minutes |
| Division en portions de 30 g et boulage | |

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| Fermentation intermédiaire | 20 minutes |
| Façonage | |
| Apprêt | 50 minutes |
| Temps de cuisson | 15 minutes |
| Température de cuisson | environ 260 °C (500 °F) |

147. On peut élever le taux de substitution à 30 p. 100 de mil (voir Fig. 29, page 14), moyennant l'introduction des modifications suivantes:

- (i) pétrir tout d'abord la farine de blé et ajouter la farine de mil 2 à 3 minutes avant la fin du pétrissage; désavantage: les deux farines de blé et de mil ne peuvent pas être préalablement mélangées à la minoterie pour former une farine composée.
- (ii) utiliser des améliorants chimiques comme le stéaroyl lactylate de calcium (CSL), ou des esters d'acide tartrique de mono et de diglycériques acétylés d'acide stéarique; désavantage: ces produits ne sont pas disponibles en Afrique et accroissent le coût de fabrication du pain.
- (iii) augmenter l'addition de sucre et de matière grasse jusqu'à 4 p. 100 (du poids de farine composée); dans ce cas, la farine composée peut être réalisée par mélange à la minoterie; désavantage: accroissement du coût des matières

premières.

C. Fabrication du pain de maïs

148. Recette du pain de maïs

L'addition d'eau aux farines composées doit être accrue dans une proportion qui dépend du degré de substitution. La quantité supplémentaire requise s'accroît d'environ 2 p. 100 pour chaque accroissement de 10 p. 100 de farine de substitution. On peut également ajouter 1,5 fois plus de levure que dans la pâte à pain classique. Pour obtenir un pain de bonne qualité, il est recommandé d'ajouter de la margarine ou autre graisse solide dont l'emploi améliore le goût et diminue le rassissement du pain. Il en va de même si l'on emploie des émulsifiants comme la lécithine, le monostéarate de glycéryle (GMS), ou des esters de GMS, du CSL et du SSL (stéaroyl lactylates de calcium ou de sodium).

149. Exemple de panification avec une farine de blé et de maïs

Une recette et un procédé de fabrication de pains d'une livre composés de 75 p. 100 de farine de blé et 25 p. 100 de farine de maïs, sont donnés comme exemple ciaprès:

La pâte obtenue à partir de 50 kg de farine composée donne 150 pains de 454 g. La cuisson doit être réalisée dans un four d'environ 5 m² de sole.

Formulation

| | Parties (p. 100 poids de farine) |
|-----------------------------|---|
| Farine de blé ¹⁾ | 75 |
| Farine de maïs | 25 |
| Eau | 58 |
| Sel | 1.5 |
| Levure instantanée | 1 |
| Sucre | 3 |
| Graisse (ou margarine) | 2 |
| Emulsifiant | 0,2 |

1) Contenant au minimum 11 p. 100 de protéines (Nx 5.7) et 14p. 100 l'humidité; centres: maximum 0,6 p. 100.

Procédure:

| | |
|---|---------|
| Pétrissage dans un pétrin à bras hydraulique | 10 min. |
| Pointage avec rabattement de la pâte | 50 min. |

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Division en pétrons et boulage | |
| Fermentation intermédiaire | 30 min. |
| Façonage et mise en moule, apprêt | 60 min. |
| Cuisson | 35 min. |

150. Le pétrissage des farines composées blé/maïs peut être réalisé dans la plupart des pétrins conventionnels. Le procédé de fermentation doit être plus rapide que le procédé classique de façon à obtenir un bon volume de pâte et une bonne texture de la mie. Les conditions de cuisson peuvent être les mêmes que pour la panification du blé pur.

151. Qualité et acceptabilité du pain. Comparé au pain de blé pur, le pain contenant du maïs a un volume légèrement plus réduit et une mie plus friable. Sa teneur en eau plus élevée que celle du pain classique risque de provoquer une moisissure et un filage prématurés, que l'on peut toutefois prévenir en utilisant 0,3 p. 100 d'acide propionique ou de propionate de calcium (en poids de farine). Dans la plupart des cas, il faut accroître de SO p. 100 l'addition de levure (soit de I à I,5 p. 100).

[Continuer](#)

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

D. Fabrication de pain de fécule de manioc

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

152. Exemple de fabrication de pain à base de fécule de manioc

Dans cet exemple, nous donnons ci-après une brève description de pains d'une livre fabriqués à l'aide du procédé de pétrissage intensifié connu sous le nom de "procédé Chorleywood". D'autres exemples de panification ont été donnés au paragraphe 2.3. (alinéas 18-21) et ci-dessus aux alinéas 146 et 151. Il convient d'utiliser ici un blé de force contenant 14-15 p. 100 de protéines (N x 5,7) et 14 p. 100 d'humidité. La farine de blé et la fécule de manioc sont utilisées dans une proportion de 1:1. Avant pétrissage, la levure doit être activée dans de l'eau sucrée.

Formulation

| | Poids (kg) | Parties (p. 100 poids de farine) |
|--------------------------|------------|----------------------------------|
| <i>Ferment de levure</i> | | |
| Levure sèche | 0,260 | 1, 3 |

| | | |
|-------------------|--------|-------|
| Eau 38°C (100°F) | 1,500 | 7,5 |
| Saccharose | 0,080 | 0,4 |
| Pâte | | |
| Farine de blé | 10,000 | 50 |
| Fécule de manioc | 10,000 | 50 |
| Sel | 0.40 | 2 |
| Sucre | 0.20 | 1 |
| Farine de maïs | 0.003 | 0.4 |
| Graisse solide | 0,14 | 0,7 |
| Emulsifiant (GMS) | 0,04 | 0,2 |
| Acide ascorbique | 0.001 | 0.015 |
| Eau | 10.000 | 50 |

La levure est activée pendant une demie heure; tous les ingrédients sont mélangés ensemble dans un pétrin rapide.

Procédure

| | |
|--------------------------------|-------|
| Diviser en portions et boulage | 550 g |
|--------------------------------|-------|

| | |
|----------------------------|--------|
| Fermentation intermédiaire | 10 min |
| Façonage et mise en moule | |
| Apprêt | 60 min |
| Cuisson | 36 min |

153. 60 pains de 450 g peuvent être fabriqués à partir du pétrin précédent. Si l'on utilise de la farine de manioc à la place de fécule, il convient de réduire de 20 p. 100 le degré de substitution de la farine de blé, mais le procédé de fabrication reste le même.

E. Fabrication du pain au gari

154. Une recette permettant de fabriquer un pain composé de 85 parties de blé et 15 parties de gari est donnée ci-après.

Formulation

| | Parties (p. 100 poids de farine) |
|---------------|-----------------------------------|
| Farine de blé | 85 |
| Gari | 15 |
| Sucre granulé | 7 3 |
| | |

| | |
|---------------------|------|
| Sel | 1.0 |
| Levure sèche active | 0.8 |
| Margarine | 1.0 |
| Eau | 68.0 |

155. *Procédure*. Le gari doit être trempé dans de l'eau (une partie de gari dans trois parties d'eau) pendant environ 30 minutes afin d'hydrater les particules et de faciliter le pétrissage qui prendrait, sans cela, trop de temps. Le trempage permet également d'éliminer les fibres du gari par flottation.

Le gari trempé est alors mélangé avec les autres ingrédients et travaillé de la même façon que pour le pain de blé.

Analyse des coûts de production du pain de gari

156. La technologie mise en oeuvre et les coûts de production du pain à base de farine composée blé/gari sont basés sur un projet de boulangerie au Ghana. Les estimations de coût sont basées sur les valeurs d'une étude de faisabilité établie en 1977 et réactualisée en 1981, peu après que la boulangerie ait passé commande. Le matériel et le procédé de panification décrits ci-dessus sont généralement utilisés par les grandes boulangeries ghanaises. La boulangerie travaille 24 h/jour pendant 250 jours. A pleine capacité, elle peut produire 600 kg de pain par heure (1200 pains).

| a. Coûts d'investissement de la boulangerie | | \$ US |
|--|---------|--------------|
| - achats de matériel | | 234.300 |
| - coût de transport du matériel | | 42.370 |
| - montage | | 12.750 |
| - prestations de services | | 18.180 |
| - camion de livraison | | 18.180 |
| - bâtiment | | 127.270 |
| - terrain (0,5 acre) | | 2.730 |
| - divers et imprévus | | |
| (10 p. 100 frais fixes) | | 45.578 |
| | | 501.358 |
| b. Frais de fabrication du pain de gari | | |
| (i) Coûts directs de production: | | |
| - matières premières: | | |
| farine de blé (1820,7 to), 380 \$/t | 692.000 | |
| gari (321,3 to), 700 \$/t | 225.000 | |
| | | |

| | | |
|---|------------------|-----------|
| sucre (156,4 to), 750 \$/t sel (21,420 to), 200 \$/t | 118.000 4.500 | |
| levure (17,136 to), 4668,5 \$/t | 80.000 | |
| margarine (21,420 to), 1867,4 \$/t | 40.000 | 1.159.500 |
| - emballages (3.600.000 unités; | | |
| 25p. 100 du matériel) | | 60.000 |
| - main-d'oeuvre directe | | 8.000 |
| - fluides: | | |
| eau | 3 500 | |
| électricité | 4.500 | |
| combustible | 5.000 | 13.000 |
| - entretien (10 p. 100 des investissements) | | 24.000 |
| (ii) Coûts indirects de fabrication: | | |
| - main-d'oeuvre indirecte | 20.000 | |
| - frais généraux (20p. 100 des coûts de main-d'oeuvre) | 4.000 | |
| - amortissements: | | |
| bâtiment (4 p. 100) | 3.000 | |

| | | |
|---|--------|-----------|
| matériel (10 p. 100) | 31.000 | |
| camion (25 p. 100) | 4.500 | 38.500 |
| - intérêts des emprunts (12 p. 100 de 331.710 \$) | | 40.000 |
| (iii) Coûts totaux de fabrication de | | |
| 3.600.000 kg de pain | | 1.367.000 |
| Prix de revient de 1 kg de pain: \$ US 0.38 | | |

6.1.1.2 Les biscuits

157. Pour fabriquer des biscuits par les méthodes de façonnage et de dressage, on peut utiliser une farine composée constituée de 80 parties de farine de substitution et de 20 parties de farine de blé seulement. On recommande par contre de ne pas dépasser un niveau de substitution de 20 p. 100 pour la fabrication de biscuits par découpage. Les formulations de biscuits fabriqués par les trois systèmes précédents sont données (en parties pondérales) Table 11.

Table I 1: Formulations de biscuits et de petits gâteaux secs

| | systèmes de fabrication | |
|--|-------------------------|--|
| | | |

| | découpage | façonnage | dressage |
|--------------------------------------|-----------|-----------|----------|
| Farine de blé pour biscuiterie | 800 | 30 | 170 |
| Farine de maïs sorgho, mil ou manioc | 200 | 700 | 830 |
| Matière grasse | 150 | 230 | 600 |
| Sucre cristallisé | 300 | 300 | 500 |
| Sirop de sucre inverti* | 20 | 20 | 20 |
| Sel | 10 | 10 | 10 |
| Poudre lever | 30 | 23 | 20 |
| Eau | 180 | 250 | 280 |

*Les petites unités de production peuvent fabriquer leur sirop de sucre en chauffant 80 parties de sucres 30 parties d'eau et quelques gouttes de jus de citron.

Conditionnement

158. Dans les pays où l'humidité relative moyenne de l'air est supérieure à SO p. 100, les biscuits doivent être emballés dans des matériaux imperméables à l'humidité.

6.1.1.3 Produits de pâtisserie

159. En général, des farines composées constituées de 70 parties de blé et 30 parties de farine de substitution peuvent être utilisées pour fabriquer des pâtisseries telles que des

cakes.

Formulation et procédés de fabrication sont donnés ci-après:

Formulation

| | Parties (p. 100 poids total de farine) |
|----------------------------|---|
| Farine de blé, type medium | 70 |
| Farine de mil | 30 |
| Margarine | 70 |
| Oeufs entiers | 80 |
| Eau | 20 |
| Sucre cristallisé | 100 |
| Poudre à lever: | |
| Bicarbonate de soude | 1,5 |
| Pyrophosphate disodique | 1,2 |

Procédés

1. Battre les oeufs, l'eau et le sucre dans un pétrin planétaire jusqu'à formation d'une masse très mousseuse (temps de fouettage à vitesse moyenne: environ 15 minutes).
2. Ajouter la moitié de la quantité de margarine fondue et la moitié de la quantité de farine en 1. et mélanger pendant approximativement une minute à faible vitesse.
3. Ajouter le reste de margarine fondue et de farine, ainsi que la poudre à lever puis mélanger le tout pendant 10 minutes à vitesse moyenne.
4. Presser des pâtons d'environ 350 g dans des moules et mettre au four à 160°C (320-338°F) pendant 50 minutes.

6.1.1.4 Snacks crisps et chips

160. On utilise de l'eau bouillante pour gélatiniser partiellement l'amidon lors de la fabrication des crisps et des chips. Les crisps confectionnés à partir de matières premières bouillies ont tendance à être croustillantes, croquantes et ont un très bon goût. Les adultes préfèrent les crisps et les chips salés, tandis que les enfants les préfèrent sucrés. Les farines à 80 p. 100 d'extraction donnent des chips de meilleure qualité que les farines ayant un taux d'extraction de 60 p. 100. Il est probable que la présence d'une teneur plus élevée de son dans les farines à 80 p. 100 d'extraction accroisse la dureté et la texture croustillante des chips.

161. Une recette pour fabriquer des croustilles de sorgho est donnée ci-après.

Formulation

| | |
|---------------------|---------|
| Farine de sorgho, g | 250 |
| Matière grasse, g | 30 |
| Sel, g | 7 |
| Eau bouillante, ml | 350-400 |
| Oeufs (nombre) | 2 |

6.1.2 Pêtes alimentaires**6.1.2.1 Fabrication de pêtes alimentaires**

162. D'ordinaire, les pêtes alimentait-es sont fabriquées à partir de semoules de blé dur (*Triticum durum*) ou de farine de blé tendre (*Triticum aestivum*) ou d'un mélange des deux. Brievement décrit' le procédé de fabrication classique des pêtes est le suivant: les matières premières sont mélangées avec 25 à 30 p. 100 d'eau (par rapport au poids de semoule ou de farine pendant 20 minutes dans un pétrin sous vide ou à la pression atmosphérique. Le mélange hydraté est extrudé au travers d'une filière dont le profil détermine la forme des pêtes (spaghetti, macaroni, nouilles, etc.). Les pêtes fraîches sont ensuite séchées lentement dans des conditions contrôlées de température et d'humidité relative. Ces opérations se font en continu ou en discontinu (voir aussi alinéa 24).

163. Le blé a la propriété unique de former par hydratation une pâte viscoélastique et cohésive, ce qui n'est pas le cas des autres céréales comme le maïs le mil ou le sorgho mentionnées dans ce manuel et qui ne peuvent être utilisées à l'état pur en panification.

164. Cependant, il est possible d'obtenir des pâtes dotées d'une couleur, d'un goût et de propriétés de cuisson très acceptables à partir d'une farine composée contenant 70 parties de blé, de préférence de la semoule de blé dur, et 30 parties de farine de sorgho. La substitution d'une quantité accrue de blé par du sorgho est déconseillée si l'on veut éviter des pertes trop élevées de matière solide dans les eaux de cuisson ainsi que des pâtes cuites collantes.

165. En pastification de farine composée blé/sorgho, il convient d'utiliser des sorghos blancs non anthocyanés. Il est également souhaitable d'utiliser des farines de sorgho pauvres en cendres et en fibres, de façon à ne pas altérer la couleur des pâtes obtenues.

166. La fabrication peut être entreprise dans une usine classique de pâtes sans avoir à modifier le matériel existant.

167. Des pâtes de bonne qualité peuvent être obtenues à partir de farines composées contenant une teneur élevée en farine ou en semoule de maïs. Il est recommandé d'utiliser des semoules de maïs, en mélange avec de la semoule de blé dur, et de la farine de maïs, en mélange avec de la farine de blé tendre. Semoules et farines de maïs, doivent cependant avoir une faible teneur en matières grasses, car les produits secs contenant un pourcentage

Lev d'acides gras insaturés rancissent facilement. Des pâtes de maïs, sont souvent confectionnées avec des farines prégélifiées par un traitement hydrothermique. Ces farines contribuent à améliorer l'aspect et la texture des pâtes obtenues.

168. Des pâtes longues ou coupées de bonne qualité peuvent être fabriquées à partir d'un mélange blé/maïs suivant:

Formulation

| | Pâtes longues | Pâtes coupées |
|---------------------------|---------------|---------------|
| Farine ou semoule de blé | 80 | 75 |
| Farine ou semoule de maïs | 20 | 25 |
| Eau | 28 | 30 |

6.1.2.2 Qualité et acceptabilité des pâtes

169. Si l'on utilise de la semoule de blé dur plutôt que de la farine de blé tendre, la couleur et le goût des pâtes sont améliorés, tandis que les pertes à la cuisson sont réduites.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

6.2 Les aliments traditionnels

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

6.2.1 Préparations culinaires base de sorgho, mil et maïs

170. Le sorgho, le mil et le maïs sont les principales céréales utilisées pour l'alimentation humaine en Afrique. Différentes spécialités africaines sont fabriquées à partir de farines ou de grits de ces céréales, parmi lesquelles on peut citer le couscous, le ttef, le fufufu, le tuwo, uji, kiswa, medija, injera, etc.

171. Les répartitions granulométriques typiques des farines traditionnelles de sorgho, mil et maïs sont données Table 12.

Table 12: Répartition granulométrique des farines de sorgho, mil et maïs

| Sorgho | | Mil | | Maïs | |
|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| Ouverture de tamis μm | Poids p.100 | Ouverture de tamis μm | Poids p.100 | Ouverture de tamis μm | Poids p.100 |
| sur 850 | 5 | sur 420 | 2 | sur 700 | 3 |

| | | | | | |
|----------|----|----------|----|----------|----|
| sur 500 | 27 | sur 300 | 21 | sur 500 | 26 |
| sur 300 | 45 | sur 180 | 47 | sur 250 | 55 |
| sur 180 | 22 | sur 100 | 20 | sur 180 | 15 |
| sous 180 | 1 | sous 100 | 10 | sous 180 | 1 |

172. Les bouillies de farines céréalières constituent sans doute la base de l'alimentation de la plupart des habitants vivant au sud du Sahara. Il existe deux types de bouillies que l'on distingue en fonction de la proportion de farine et d'eau entrant dans leur composition. Les porridges clairs ou bouillies claires résultent du mélange volumétrique de 1 partie de farine avec 3-4 parties d'eau. Les bouillies épaisses sont obtenues à partir d'un mélange volumétrique d'environ 1:2. Ces bouillies constituent sans doute les aliments les plus faciles et les plus commodes à préparer à partir des céréales. Les recettes utilisées sont très simples et varient peu d'une région à l'autre. Les ingrédients de base sont constitués par de l'eau et une farine de granulométrie moyenne.

6.2.1.1 Bouillies épaisses: ugali, foufou, t₁, asida, banku ou akple, aprapransa, akassa etc. constituent autant de noms vernaculaires.

173. Ces bouillies épaisses sont préparées à partir de farines pures de sorgho, mil ou maïs, ou à partir d'un mélange de ces farines. La farine est simplement bouillie avec de l'eau jusqu'à obtention de la consistance désirée. Elle est mangée avec des sauces de légumes pouvant contenir de la viande ou du poisson.

174. Au Soudan, l'asida est préparé à partir de farine très fine qui est moule ou façonnée avant d'être consommée. L'asida moule est consommé avec de la viande, des légumes, ou un mélange de viande et de légumes, en sauce ou en ragoût.

175. Banku, akple et akassa sont des pâtes épaisses obtenues au Ghana et au Bénin en faisant bouillir une farine crue ou une pâte fermentée de maïs, De la farine grillée de maïs cuite dans une soupe de palme donne une masse épaisse nommée aprapransa. Ce plat peut être accompagné de haricots et de poisson pour former un repas complet.

6.2.1.2 Bouillies claires: uji, nasha, medida, massa, akassa.

176. De la farine pure ou de la farine composée est jetée dans de l'eau bouillante et cuite de façon à former une bouillie claire consommée au petit déjeuner, parfois avec des morceaux de gâteaux de niébé.

177. Le nasha est fabriqué à partir d'une pâte fine fermentée, de la même façon que pour le kiswa (voir alinéa 180). La pâte fermentée est diluée avec de l'eau dans une proportion de 1:5, puis tamisée à travers un linge. Elle est cuite en pot sur un foyer, sous agitation constante pour éviter qu'elle ne brûle ou ne forme des grumeaux. Le nasha est assaisonné après cuisson avec des épices ou des jus de fruit (mangue, abricot, karkade, tamarin) et du lait. Seule l'expérience permet de trouver la meilleure façon de préparer le nasha dont le goût et l'odeur sont caractéristiques. Il est normalement consommé au petit déjeuner, mais parfois aussi à la place d'un repas, particulièrement pour les enfants, les obèses et les femmes

allaitantes. Il peut être mangé froid, ou chaud comme stimulant.

178. Le medida peut être préparé à partir d'une pâte fermentée, comme le nasha, ou à partir d'une pâte non fermentée. Dans le premier cas, le processus est le même que pour préparer du nasha, sauf que la dilution y est moins forte. Si l'on utilise de la farine non fermentée, on fait bouillir de l'eau, puis on ajoute peu à peu, sous agitation constante, de petites quantités de farines qui sont dispersées avec une spatule en forme de T que l'on fait tourner entre les deux paumes. Après cuisson, le medida est refroidi et dilué jusqu'à l'obtention d'une consistance et d'un goût voulus au moment de la consommation.

179. Le massa est généralement préparé à partir de la farine de mil. La moitié d'une portion de farine de mil est cuite pour former une bouillie épaisse. L'autre moitié est ajoutée pour former une pâte qu'on laisse fermenter toute la nuit. Le mélange est assaisonné avec du sel, du poivre et des oignons, puis frit dans une poêle spéciale à massa. Le massa a une texture spongieuse et est consommé avec une bouillie de sorgho, de mil ou de maïs.

6.2.1.3 Autres préparations culinaires: kistra, kenkey, injera, balila, pearl dura, githeri, eburowmo, fura.

180. Le kistra est un aliment de base fait au Soudan à partir de farine de manioc. Il s'agit d'une crêpe mince semblable à du pain azyme. On utilise de la farine complète ou une farine à 80-85 p. 100 d'extraction. La finesse de la farine joue un rôle important sur la texture du kistra. Il est fabriqué en mélangeant du levain, de la farine et de l'eau dans une proportion de 1:2:9

pour former une pâte qu'on laisse reposer et fermenter toute la nuit (12-16 heures). Le pH de la pâte fermentée est de 3,7-4,0 (acide).

Une crêpe acceptable, semblable à celles que l'on trouve en Europe, peut être préparée à partir d'une farine composée pour moitié de farine de blé et de farine de sorgho.

181. La pâte est cuite au four à une température de 160-180°C (320-356°F) pendant 30 secondes. Elle est tirée d'un côté et de l'autre puis placée dans un plateau ou un panier en paille. Le kiswa est servi avec des sauces et des ragoûts (légumes, viande et légumineuses sèches). Mais il est également consommé comme un casse-croûte .

182. Le kiswa est désormais commercialisé à petite et à grande échelle. Il est emballé dans des sacs en polyéthylène d'une contenance approximative de 200 g. et est vendu dans des épiceries et sur les marchés urbains (10 piastres/sachet). Il se conserve pendant 48 heures à la température ambiante. Surgelé, il peut être conservé pendant une semaine bien qu'il devienne friable.

183. Le kenkey est le plat principal préparé au Ghana à partir d'une pâte de maïs fermentée. La pâte est divisée en deux parties, dont l'une est cuite et mélangée avec la portion crue. Le mélange est façonné en boulettes qui sont enveloppées dans des feuilles sèches de bananier ou des rafles de maïs, puis bouillies. Différents types de kenkey sont fabriqués dans différentes régions du Ghana, soit à partir de farine entière, soit à partir de grains décortiqués. Il est assaisonné avec du sel ou avec du sucre.

184. L'injera est une crêpe acide fermentée et levée, aplatie et ronde, qui constitue le pain éthiopien. Il est fabriqué à partir du teff (*Eragrostis teff*, ou *E. abyssinica*, une sorte de très petit mil). On peut préparer 18 galettes d'injera de 450 g à partir de 3 kg de farine de teff, 480 g de levain, 6 litres d'eau d'hydratation de la pâte, et 4 litres d'eau de cuisson.

La pâte est confectionnée de la façon suivante: tamiser la farine dans un récipient

- mélanger le levain avec les mains ou avec une grande cuillère en bois
- ajouter 3 litres d'eau et bien mélanger
- ajouter peu à peu 3 litres d'eau en remuant constamment et bien mélanger
- couvrir le récipient et laisser reposer la pâte pendant au maximum trois jours. Il est préférable de ne la laisser fermenter qu'une nuit, car la valeur nutritive de l'injera décroît avec la durée de fermentation.

La cuisson de l'injera est réalisée de la manière suivante: enlever l'eau qui s'est rassemblé au-dessus de la pâte ajouter 0,5 litre de pâte à 1 litre d'eau et faire bouillir

- mélanger 3 litres d'eau froide à la pâte restante
- mélanger la pâte diluée ci-dessus avec le mélange bouillant précédent et laisser reposer pendant trente minutes

- entretemps, faire chauffer le "metad" (poêle injera)
- pour faire cuire l'injera, il faut verser la pâte dans le "metad" chaud préalablement graissé, en imprimant un mouvement circulaire allant de la périphérie au centre de la poêle
- lorsque des trous commencent à se former la partie supérieure de l'injera, couvrir la poêle avec son couvercle et laisser cuire pendant 2-3 minutes
- utiliser environ un demi-litre de pâte par galette d'injera
- graisser la poêle avec de l'huile avant chaque cuisson.

185. L'injera peut être fabriqué à partir d'autres céréales comme du sorgho, de l'orge, du blé, du maïs, du mil, du riz, ou par la combinaison de deux ou de plusieurs d'entre elles. On obtient une meilleure qualité d'injera avec du sorgho décortiqué qu'avec du sorgho entier. Mais, comparé à l'injera de teff, l'injera de sorgho se conserve mal, il est relativement amer et sec, ce qui n'est pas sans poser de sérieux problèmes d'acceptabilité. Pour surmonter ces handicaps, on utilise traditionnellement une farine composée de sorgho et de teff ou d'orge. Des essais réalisés à l'Institut Ethiope de Nutrition ont montré que les qualités de conservation et de douceur de l'injera sont améliorées si l'on utilise une farine composée de 50 p. 100 de teff et de 50 p. 100 de sorgho ou de maïs.

186. Le balila est un plat constitué de grains entiers de sorgho bouillis, assaisonnés d'épices

ou de sucre et de ghee. Au Soudan, le grain d'écorticé et poli constitue le "sorgho perlé" (Fig. 30), qui se mange comme du riz blanchi auquel il s'apparente. Le temps de cuisson du sorgho perlé varie en fonction de la grosseur des grains et des variétés, les critères de qualité retenus lors d'essais étant la fermeté et le gonflement des grains cuits.

La recette standard de préparation du balila est la suivante:

Formulation

| | |
|-------------------------------|-----|
| Grains mondés (pearl dura), g | 100 |
| Sel, g | 3 |
| Matière grasse, g | 3 |
| Eau. ml | 450 |

Temps de cuisson: 30-40 minutes.

187. Plusieurs ethnies d'Afrique de l'Est consomment des grains entiers de maïs, plus rarement des grits ou des semoules. Les recettes culinaires utilisent des grains entiers de maïs en mélange avec des graines de légumineuses. Une recette typique consiste à jeter dans de l'eau bouillante des grains de maïs préalablement lavés. La proportion étant de 1 volume de grains dans 3 volumes d'eau. Après environ 30 minutes de cuisson, on ajoute des graines propres de haricots ou de pois dans une proportion de 1 volume de légumineuse pour 2 volumes

de maïs. La cuisson est poursuivie pendant une demi-heure supplémentaire ou jusqu'à cuisson complète, le mélange étant auparavant salé. Ce plat, consommé dans la Province Centrale du Kenya, est appelé githeri. Un bon githeri doit posséder les caractéristiques suivantes:

- il doit être confectionné avec du maïs blanc
- les grains cuits de maïs ne doivent pas être cassés
- les graines de légumineuses doivent rester entières, ne pas former une purée
- le mélange doit être suffisamment sec pour ne pas coller aux doigts ou dans la bouche
- on doit pouvoir le conserver 24-48 heures sans altération.

188. Une variante de la recette précédente consiste à utiliser des graines immatures de maïs et de légumineuses; dans ce cas, ces graines sont cuites simultanément, à l'eau bouillante. On peut également ajouter des légumes verts et des pommes de terre au mélange maïs/légumineuses, le tout étant réduit en purée après cuisson. De la même façon, on peut utiliser des grits de maïs ou bien des brisures de blé ou de riz, encore que les grits de maïs, très cornés, soient plus longs à cuire que les brisures de riz ou de blé.

189. On peut obtenir un gruau épais en faisant bouillir des grains de maïs dépelliculés ayant été trempés pendant toute la nuit. Les grains peuvent être également enveloppés dans des rafles après trempage et bouillis jusqu'à ce qu'ils soient tendres. Ils sont alors mangés avec des arachides bouillies ou avec des morceaux de coprah. Les grits de maïs peuvent être utilisés comme substitut du riz pour préparer un plat semblable à du riz bouilli, appelé

eburowmo au Ghana, ce qui signifie "mais-riz". Les grits de maïs servent également à préparer un brouet clair. Chacun de ces différents plats à base de farine de maïs ou de pâte de maïs fermentée peut être mélangé avec une purée de bananes plantains mûres pour préparer un certain nombre de plats sucrés, frits ou rôtis.

190. La fura est une boisson à base de mil qui est sucrée avant d'être bue. Pour préparer de la fura, on fait bouillir des boules de pâte faites avec de la farine de mil. Après cuisson, les boules de pâtes sont pilées au mortier, puis mélangées avec de l'eau et des épices. Le mélange est à nouveau façonné en boules qui sont roulées dans de la farine de maïs pour éviter qu'elles ne collent. La fura est écrasée dans de l'eau sucrée avant d'être servie.

6.2.2 Préparation d'aliments à base de manioc

6.2.2.1 Manioc bouilli

191. Des racines de manioc épluchées et bouillies dans de l'eau jusqu'à cuisson complète servent d'accompagnement des soupes de légumes et à des ragoûts. Le manioc peut être également pilé seul ou mélangé avec du plantain, du taro ou de l'igname bouillis, de façon à former une pâte épaisse nommée fufu qui est mangée avec une soupe.

6.2.2.2 Farine de manioc

192. Les racines de manioc sont pelées lavées coupées en morceaux et séchées au soleil. Un séchage artificiel peut être appliqué pendant la saison des pluies. Pour ce faire, les

morceaux de racines sont disposés en couche mince sur un plateau exposé au feu. Les chips de manioc séchées sont broyées au mortier puis moulus en farine. En faisant bouillir la farine dans de l'eau. on obtient une pâte semblable à du fufu.

6.2.2.3 Pulpe de manioc

193. La pulpe de manioc est un produit de transformation intermédiaire à partir duquel sont fabriqués du gari de la pâte, de la fécule ou du tapioca.

6.2.2.4 Yukayak, agbeli kaklo, akple

194. Les racines pelées et lavées sont râpées et réduites en pulpe plus fine que pour la préparation de gari. La pulpe, disposée dans des paniers, est mise à fermenter pendant une durée variable, comprise entre 12 heures et 3 jours selon le produit fini désiré. La pâte légèrement fermentée peut être étuvée pour former un gâteau spongieux appelé yakayak qui constitue, au Ghana, un aliment de base consommé avec des soupes ou des ragoûts.

195. L'agbeli kaklo est un aliment constitué d'une pâte de manioc façonnée en croquettes ou en boulettes qui sont cuites à la grande friture. Il est consommé avec du coprah.

Un autre plat couramment consommé au Ghana avec des soupes ou des ragoûts est appelé akple, boule épaisse de pâte constituée pour un tiers d'une pâte fermentée de manioc qui est bouillie avec deux tiers de farine de maïs ou de pâte fermentée de maïs.

6.2.2.5 *Le tapioca*

196. Le tapioca est constitué de fécule de manioc granulée et partiellement gélifiée. De la fécule humide est pulvérisée par friction au travers d'un tamis grossier en bambou, puis rôtie dans une poêle huilée, sous agitation constante, de façon à provoquer une gélatinisation uniforme. Les granules sont étendus sur des claies surélevées pour être séchés au soleil jusqu'à une teneur en humidité d'environ 12 p. 100. Un tapioca de bonne qualité doit s'écouler librement, être exempt de contaminants sans saveur, et avoir une couleur blanche ou blanc-crème. Le tapioca est mis à tremper dans de l'eau avant d'être bouilli, ou bien il peut être mangé tel quel trempé dans du lait sucré.

6.2.2.6 *Le gari*

197. Le gari peut être mangé sous différentes formes. Trempé dans de l'eau froide additionnée de sucre et de lait, il donne un brouet clair. Par contre, additionné d'une quantité d'eau juste suffisante pour le faire gonfler, il se transforme en une masse compacte que l'on déguste avec des épices en conserve et avec du poisson ou de la viande en boîte. Une manière populaire de manger du gari est de le mélanger avec des haricots bouillis. Lorsqu'il est cuit, le gari est bouilli dans de l'eau pour former une pâte épaisse qui est destinée à accompagner des soupes de légumes ou des ragoûts.

En ce qui concerne la préparation du gari voir alinéas 73, 97-102.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Chapitre VII - Cuisson-extrusion de farines enrichies pour la production d'aliments de sevrage

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

198. Les points les plus importants à prendre en considération dans la fabrication d'aliments de sevrage sont la digestibilité, l'hygiène et la valeur nutritive. En ce qui concerne cette dernière, l'obtention d'une valeur nutritive élevée peut nécessiter l'emploi d'un mélange de différentes substances alimentaires, par exemple le mélange de céréales avec des graines oléagineuses ou des produits laitiers riches en protéines, de façon à supplémenter les céréales. Lorsque les composants du mélange sont tous d'origine végétale, comme les céréales et les tubercules riches en amidon, et les farines oléagineuses riches en protéines, il est nécessaire de soumettre la farine composée à un traitement thermique, ceci en vue de lui conférer une bonne digestibilité et de détruire des organismes pathogènes et des substances toxiques comme, par exemple, les inhibiteurs tryptiques du soja ou le gossypol des graines de coton. Au niveau industriel, les traitements thermiques sont appliqués à l'aide de procédés tels que le séchage sur cylindre et la cuisson. Mais ces dernières années ont vu le

développement considérable du procédé dit de cuisson-extrusion plus facile à contrôler que les précédents, et qui pourrait être économiquement compétitif avec les autres traitements hydrothermiques. De plus, l'aptitude des cuiseurs-extrudeurs à transformer les végétaux, seuls ou en mélange, en aliments de haute qualité nutritive a joué un grand rôle dans le domaine de la fortification des aliments, particulièrement dans le tiers monde où les régimes sont essentiellement constitués de céréales et de tubercules.

7.1 Le procédé de cuisson-extrusion

199. Il existe différents types d'extrudeurs, mais dans sa conception la plus simple un extrudeur est composé d'un cylindre creux très lourd, nommé fourreau, dans lequel est ajustée une vis hélicoïdale tournant à vitesse modérée. Une ouverture, pratiquée à l'une des extrémités du fourreau, permet d'alimenter l'extrudeur en ingrédients, qui sont évacués par une ouverture beaucoup plus petite, nommée filière, située à l'autre extrémité du fourreau. La rotation de la vis engendre une haute pression et une élévation de température des ingrédients qui circulent dans l'extrudeur. Un supplément de chaleur peut être fourni par un fourreau manchonné ou par des inducthermes. Le fait de forcer les ingrédients à travers la filière de section réduite accroît la pression. Si les matières premières utilisées contiennent de 15 à 30 p. 100 d'humidité, elles vont se transformer en une masse semblable à une pâte fluide sous l'action conjuguée de l'accroissement de la température, de la pression, et des forces de cisaillement engendrées par la rotation de la vis. Lorsque cette masse comprimée par la filière est expulsée de l'extrudeur, la diminution

subite de pression libre brutalement la vapeur surchauffée qu'elle contient, ce qui provoque son expansion. Plusieurs cuiseurs-extrudeurs ont été conçus comme des appareils à haute température et court temps de séjour, de façon à ce que la matière première soit soumise à une haute température pendant un temps très court seulement, ceci afin de minimiser les risques de dégradation thermique des nutriments. (Appareils HT/ST pour "High Temperature/Short Time" en anglais).

200. Les conditions optimales de fonctionnement des extrudeurs dépendent du choix des matières premières et du profil des produits finis désirés. La cuisson-extrusion confère des propriétés physiques et chimiques très particulières aux produits extrudés, ceci tout particulièrement lorsque des mélanges de différents produits amylacés sont extrudés et subissent des modifications durant l'extrusion. La gélatinisation de l'amidon est fonction du cisaillement, de la température et de la teneur en eau. La pression engendrée dans l'extrudeur provoque l'expansion de la matière extrudée, le degré d'expansion étant également fonction de la teneur en eau, de la température, de la pression et des propriétés des glucides contenus dans les matières premières utilisées. La gélatinisation de l'amidon confère aux produits extrudés des propriétés particulières de viscosité, d'absorption d'eau, de solubilité et de densité.

201. Les lipides ont tendance à s'oxyder, particulièrement lorsque les mélanges contenant des matières grasses sont extrudés à des températures égales ou supérieures à 190°C (374°F). En se combinant aux molécules d'amidon, les graisses oxydées peuvent altérer la viscosité, la solubilité et la durée de conservation des produits extrudés. Le rancissement

oxydatif se reconnaît aisément l'odeur et au goût de rance. L'altération des protéines, également possible des températures de 190°C ou plus, peut, elle aussi, contribuer à dégrader la flaveur des produits extrudés. Mais, en revanche, les constituants toxiques de graines protéagineuses peuvent être inactivés par les hautes températures développées dans les procédés de cuisson-extrusion.

202. L'extrusion sec, qui ne nécessite aucun conditionnement préalable des grains avec de l'eau ou de la vapeur, a débouché sur un grand nombre d'applications. Au cours des dernières décennies, différentes modifications et diverses études tendant à réduire les prix et les coûts de fonctionnement des extrudeurs ont été entreprises. Elles ont abouti, entre autres, à la conception d'extrudeurs "bon marché" (LEC pour "Low-cost Extrusion Cookers") spécialement adaptés à la production d'aliments destinés à la consommation humaine. Ces appareils ne nécessitent qu'un nombre restreint d'équipements de manutention des matières premières et des produits finis. Par définition, les cuiseurs-extrudeurs "bon marché" nécessitent des coûts d'installation compris entre 70.000 et 100.000 \$ US (30-40 Millions F CFA en 1983/84) pour une capacité de production allant jusqu'à 1 to/h. Un investissement inférieur à 40.000 \$ US (16 millions F CFA) comprenant l'équipement, le transport et le montage, a même été signalé. On verra plus loin (alinéa 209) que les coûts de production des produits fabriqués par ces extrudeurs "bon marché" sont relativement bas.

7.2. Essais d'extrusion d'aliments de sevrage

203. Des essais préliminaires d'extrusion d'aliments de sevrage riches en protéines ont été réalisés en 1976 en Tanzanie. Un extrudeur bon marché de type LEC (Brady No. 206 Crop Cooker), disponible à Nairobi, a permis de réaliser des produits de différentes compositions. La faisabilité du procédé avait été préalablement établie par l'Université d'État du Colorado, à Fort Collins, particulièrement en ce qui concerne la possibilité d'utiliser des mélanges à base de céréales et de légumineuses produites dans les pays en voie de développement. Les essais réalisés à Fort Collins ont montré que les cuiseurs-extrudeurs "LEC" étaient capables de fabriquer des aliments supplémentés pouvant contenir de 12 à 20 p. 100 de protéines selon la proportion de céréales et de légumineuses ou d'oléagineuses utilisées. Des études d'acceptabilité, portant sur des mélanges 70/30 et 80/20 de maïs/soja d'Afrique de l'ouest et extrudés à Nairobi, ont été conduites en Tanzanie avec de bons résultats sur des écoliers et des mères sélectionnées à cette fin. À la suite de ces essais, un extrudeur LEC fut installé en Tanzanie en 1978. Dans d'autres projets de développement, deux extrudeurs (Brady 206 Crop Cooker et Insta-Pro Modèle 500) ont été utilisés pour déterminer les limites de production d'aliments de sevrage à base de céréales et de farines de coton; ces dernières, notamment les farines issues de graines sans gossypol (glandless), se prêtent de manière remarquable à la supplémentation nutritionnelle. La teneur en gossypol des graines de coton a été considérablement réduite dans la plupart des cas. D'autres rapports d'essais, réalisés avec succès à Nairobi, montrent que des mélanges à base de riz, de maïs, de sorgho, d'arachides et de sésame ont été bien acceptés par les utilisateurs.

204. Des mélanges réalisés en Tanzanie et contenant 70 p. 100 de maïs. et 30 p. 10() de

soja ont donné entière satisfaction en ce qui concerne leur acceptabilité et leur valeur nutritionnelle. Les graines de maïs et de soja, préalablement décortiquées, sont dosées et mélangées dans un broyeur spécial, puis extrudées dans un cuiseur-extrudeur Brady No. 2160 Crop Cooker. Après refroidissement, le produit extrudé est moulu puis mélangé avec du lait en poudre, des vitamines et des sels minéraux. Le produit fini, destiné aux enfants et aux tout petits, peut être préparé comme un porridge instantané pour le petit déjeuner, mais il est préférable de le faire cuire à feu doux pendant quelques minutes afin d'obtenir un porridge plus onctueux. La composition et la valeur nutritionnelle de ce porridge sont données respectivement Tables 13 et 14. Les résultats des tests d'acceptabilité réalisés durant la phase de développement de ce produit, désormais commercialisés sous le nom de LISHA, sont donnés Table 15.

Table 13: Composition du LISHA (p. 100)

| | |
|------------------------------|-----|
| Grits de maïs | 65 |
| Graines de soja décortiquées | 28 |
| Lait en poudre | 5 |
| Mélange de vitamines | 0,2 |
| Mélange de sels minéraux | 1,8 |

Table 14: Analyse nutritionnelle du LISHA (p. 100)¹

| | |
|---|-------|
| Protéines (N x 6.25) | 19,2 |
| Humidité | 6,1 |
| Lipides | 7,3 |
| Cendres | 3,8 |
| Fibre | 1,1 |
| Glucides solubles | 64,5 |
| Calories (p. 100 gr) | 392,0 |
| Coefficient d'efficacité protéique (CEP) 2.73 tel quel: équivalent caséine = 2,23 | |

¹ Les vitamines et les sels minéraux n'ont pas été déterminés.

Table 15: Taux d'acceptabilité du LISHA (p.100)

| Clinique MCH | Très bon | Bon | Acceptable | Mauvais | Très mauvais |
|--------------------------------|----------|------|------------|---------|--------------|
| Mwananyamala (71) ¹ | 66.2 | 32.4 | 1.4 | 0 | 0 |
| Ilala (66) | 56.1 | 40.9 | 3.0 | 0 | 0 |
| Tameke (93) | 41.9 | 55.9 | 2.2 | 0 | 0 |

¹ Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de personnes ayant participé au test.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

7.3 Installation pilote de production et équipements

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

205. Un bloc-diagramme typique d'une unité de transformation par extrusion est donné Fig. 31. Les différents éléments montrés Fig. 31, tels qu'ils ont été adaptés par la "National Milling Corporation", sont donnés dans le plan de masse Fig. 32. Ce plan d'installation n'est pas unique, mais il a été conçu pour s'intégrer dans un bâtiment pré-existant qui a été transformé. Le plan d'une installation pilote d'extrusion "bon marché" plus laborieuse est donné Fig. 33. Il comprend tous les éléments de l'installation LISHA, excepté l'unité de décorticage qui est remplacée, Fig. 33, par une unité plus performante. Le système représenté Fig. 33 constitue un modèle d'installation pilote d'extrusion, conçue à partir de zéro et autonome, qui est indépendante d'infrastructures administratives ou autres.

L'unité de base est constituée d'un extrudeur "Brady No. 2160 Crop Cooker". Deux systèmes de contrôle permettent de régler l'extrudeur et les caractéristiques du produit fini. Le levier de réglage du cône permet d'ajuster le jeu existant entre le cône et la cage de la vidange, tandis que la bague de décharge contrôle la contre-pression dans l'extrudeur. L'accroissement de la contre-pression conduit à un remplissage accru de la vis d'extrusion ainsi qu'à un accroissement concomitant de la température du produit extrudé.

[Figure 31. Bloc-diagramme du procédé d'extrusion](#)

[Figure 32. Plan d'une installation de production de LISHA par cuisson-extrusion](#)

- 1 Conditionneur volumétrique
- 2 Thermosoudeuse
- 3 Bac tampon
- 4 Table d'emballage
- 5 Balance
- 6 Transporteur à vis
- 7 Mélangeur
- 8 Balance
- 9 Bac de lavage
- 10 Transporteur produit broyé
- 11 Moulin doseur
- 12 Soupape

- 13 Refroidisseur
- 14 Broyeur ↻ marteaux
- 15 Transporteur ↻ barrettes
- 16 Extrudeur
- 17 Stockage grits de maïs,
- 18 Stockage soja d'écorticature
- 19 Séparateur densimétrique
- 20 Moulin broyeur
- 21 Magasin ↻ vitamines et a sels miniraux
- 22 Magasin ↻ pièces de rechange
- 23, 25, 26 Bureaux
- 24 Laboratoire contrôle de qualité

Figure 33. Plan d'une installation bon marché de cuisson-extrusion.

- 1 Stockage matière première
- 2 Tremie d'alimentation
- 3 Nettoyeur ↻ grains
- 4 Ventilateur soufflant
- 5 Epierreur
- 6 Cyclone
- 7 Silo ↻ graines de soja
- 8 Torréfacteur

- 9 Refroidisseur**
- 10 Aspirateur-nettoyeur**
- 11 Elevateur godets**
- 12 Cyclone**
- 13 Decortiqueur**
- 14 Silo soja decortiqueur**
- 15 Silo maïs, depelliculleur**
- 16 Moulin doseur**
- 17 Extrudeur**
- 18 Refroidisseur**
- 19 Ventilateur**
- 20 Broyeur marteaux**
- 21 Transporteur**
- 22 Collecteur de poussières**
- 23 Moulin aiguilles Alpine**
- 24 Ventilateur**
- 25 Compresseur**
- 26 Transporteur vis**
- 27 Melangeur**
- 28 Balance**
- 29 Emballage**
- 30 Thermosoudeuse**
- 31 Reservoir sous pression**

- 32 Pompe
- 33 Tank ↻ eau
- 34 Transformateur
- 35 Stockage vitamines et sels min↻raux
- 36 femmes
- 37 hommes
- 38 stockage gaz
- 39 Mezzanine
- 40 Contr↻le qualit↻
- 41,42 Bureaux
- 43 Kitchenette
- 44 Escalier
- 45 Magasin
- 46 Panneau ↻lectrique

206. Le syst↻me de contr↻le d'alimentation permet d'ajuster la quantit↻ d'ingr↻dients introduits dans l'extrudeur au moyen d'une vis h↻lico↻dale ↻ vitesse variable. Les vis d'alimentation ↻ vitesse variable et d'extrusion sont command↻es par un syst↻me hydraulique int↻gr↻. Un thermom↻tre gradu↻ jusqu'↻ 163 ↻C (325 ↻F) et dont le bulbe est localis↻ juste derri↻re la fili↻re indique la temp↻rature du produit ↻ la sortie de l'extrudeur. D'autres thermocouples doivent ↻tre utilis↻s si l'on travaille ↻ des temp↻ratures plus ↻lev↻es.

207. Une autre caractéristique de ce système unique est représentée par le moulin à marteaux utilisés simultanément pour mélanger et mouler le mélange avant extrusion. Le broyeur est constitué de marteaux rigides tournant dans un carter muni d'une grille amovible, dont l'ouverture de maille peut être modifiée pour obtenir une granulométrie voulue du matériel injecté dans l'extrudeur. Quatre trémies d'alimentation font partie intégrante de l'unité de broyage, deux d'entre elles étant pourvues d'un mécanisme central qui permet d'obtenir un écoulement uniforme des matières premières en provenance des silos de stockage en vrac des matières premières alimentant l'unité de mouture. Les deux autres trémies montées de chaque côté du broyeur servent à l'alimenter en additifs secondaires non stockés dans les silos. Un régulateur de vitesse permet d'ajuster l'écoulement des produits de mouture et de l'adapter au débit de sortie de l'extrudeur. Des cadrans permettent de doser en proportions voulues les différents ingrédients du mélange. Avant de procéder à une opération d'extrusion, le moulin-broyeur doit être calibré pour déterminer de façon précise la vitesse d'écoulement des différents ingrédients devant entrer dans la composition du mélange. D'autres accessoires décrits dans la liste des équipements comprennent un mélangeur, un réservoir tampon et des tables de conditionnement des produits finis.

208. Les données de base essentielles du projet d'installation sont les suivantes:

- (i) La capacité initiale de production est basée sur l'emploi d'un seul extrudeur tandis que tous les équipements auxiliaires sont prévus pour faire face à la production de deux extrudeurs;

(ii) L'installation d'un bureau ne sert qu'aux activités de production;

(iii) L'usine est construite sur un terrain équipé en électricité, eau et tout-à-l'égout;

(iv) Le site choisi est relié à un réseau de communications permettant un approvisionnement facile en matières premières et une distribution aisée des produits finis;

(v) L'aire de stockage des produits finis est prévue pour contenir la production de deux semaines de 5 jours, réalisée par une équipe de 8 h/jour (soit environ 50 tonnes). Les produits finis devront être évacués plus rapidement si l'on prévoit de travailler en deux postes de 8 h ou avec deux extrudeurs;

(vi) Les installations de stockage de matières premières doivent assurer un approvisionnement suffisant pour un mois de marche de l'usine, moins si l'on travaille en deux postes ou si l'on utilise deux extrudeurs;

(vii) Le plan de masse de l'installation est conçu de telle sorte qu'une expansion future des activités puisse être réalisée aisément sans devoir apporter des modifications importantes aux bâtiments.

209. Modèle d'installation

Descriptif du matériel et des paramètres de production

Mélanges: 70 p. 100 maïs et 30 p 100 soja

Température d'extrusion: 170°C (338 °F)

Vitesse de rotation de la vis d'extrusion: 1500 t/mn

Débit: 450 kg/h

Puissance installée: 150kW

Besoins en capital et coût d'investissement

Le prix des machines est donné en dollars, valeur 1978 aux Etats-Unis. Tous les autres coûts sont ceux de la Tanzanie en 1983.

| (i) Achats de matériel | | \$ US |
|---|--------|-------|
| - broyeur (1000 kg/h) | 3.600 | |
| - nettoyeur de grains (1000 kg/h) | 2.150 | |
| - décortiqueur universel (68 to/j) ¹ | 50.000 | |
| - 2 bacs de stockage | 2.060 | |
| - moulin-doseur | 3.010 | |
| - extrudeur Brady 2160 Crop Cooker (500 kg/h) | | |

| | | |
|---|---------|---------|
| avec moteurs ²⁾ | 8.020 | |
| - s ¹⁾ choir-refroidisseur | 7.475 | |
| - moulin ²⁾ aiguilles(2000 kg/h) ³⁾ | 12.500 | |
| - m ¹⁾ langeur | 7 540 | |
| - transporteurs et ¹⁾ l ¹⁾ vateurs | 5.000 | |
| - accessoires | 12.760 | |
| - mat ¹⁾ riel d'emballage | 1.395 | |
| Total ¹⁾ quipements | | 115.510 |
| (ii) Emballage, fr ¹⁾ et assurances | | 16.000 |
| (iii) Co ¹⁾ ts de montage | | 3.800 |
| (iv) Fluides: | | |
| - ¹⁾ lectricit ¹⁾ (150 kW) | 3.000 | |
| - eau (2000 l/h) | 2.000 | |
| Total fluides | | 5.000 |
| (v) B ¹⁾ timents, constructions: | | |
| - terrain (0,2 ha) | 300 | |
| | 366.800 | |

| | | |
|---|--|---------|
| Surface couverte (917 m ²) | | 367.100 |
| (vi) Imprévus (10 p. 100 de 507.400 \$) | | 50.740 |
| (vii) Capital total investi | | 558.150 |

Frais de fabrication (\$ US)

| | | |
|--|---------|---------|
| (i) Coût direct de fabrication: | | |
| - matières premières: | | |
| maïs (+ 25 p. 100): 868 to 0,3 \$ US/kg | 260.400 | |
| soja (+ 25p. 100): 372 to 0,4 \$US/kg | 148.800 | 409.200 |
| - emballages (25 p. 100 matières premières) | | 102.300 |
| - main-d'oeuvre de fabrication (21) | | |
| travaux généraux inclus | | 24.970 |
| - fluides: | | |
| eau | 1.000 | |
| électricité (80 p.100): 120 kW x 2200 h x 0,08\$ | 21.120 | 22.120 |

| | | |
|--|-------|---------|
| - entretien (10 p. 100 des achats de matériel) | | 11.550 |
| - fournitures générales | 1.100 | |
| - frais d'expédition | | |
| | | 39.600 |
| Total frais directs de fabrication | | 610.840 |
| (ii) Frais généraux directs de fabrication | | 4.850 |
| (iii) Frais généraux indirects de fabrication | | |
| - amortissements (10 p. 100): | | |
| bâtiments, 50 ans | | 20.970 |
| installations, 10 ans | | |
| - assurances | | 11.690 |
| - intérêts des emprunts (10 p.100) et | | |
| remboursement du capital (10 ans) | | 121.630 |
| - promotion des ventes | | 61.080 |
| (iv) Frais de fabrication totaux | | 831.060 |
| Coût unitaire de production: | | |
| Production totale: 450 kg x 2200 h = 990 to | | |
| | | |

Prix de revient au kg = 0,84 \$ US 4)

210. *Revois*

1) Le syst $\text{\textcircled{e}}$ me de d $\text{\textcircled{e}}$ corticage universel est extr $\text{\textcircled{e}}$ mement cher, mais il est id $\text{\textcircled{e}}$ al pour ce type d'installati $\text{\textcircled{e}}$ on; particuli $\text{\textcircled{e}}$ rement adapt $\text{\textcircled{e}}$ au d $\text{\textcircled{e}}$ corticage des graines ol $\text{\textcircled{e}}$ agineuses, il peut n $\text{\textcircled{e}}$ anmoins d $\text{\textcircled{e}}$ cortiquer de nombreux autres types de grains.

2) Le syst $\text{\textcircled{e}}$ me LEC utilis $\text{\textcircled{e}}$ en Tanzanie est $\text{\textcircled{e}}$ quip $\text{\textcircled{e}}$ d'un extrudeur Brady No. 2160 Crop Cooker fabriqu $\text{\textcircled{e}}$ par M/S Koehring Farm Division, Appleton, Wisconsin. D'autres syst $\text{\textcircled{e}}$ mes sont $\text{\textcircled{e}}$ quip $\text{\textcircled{e}}$ s d'extrudeurs Insta-Pro fabriqu $\text{\textcircled{e}}$ s par Triple "F" Feeds, Co., Des Moines, Iowa 50322. "Mills for Millions" $\text{\textcircled{e}}$ Santa Monica, en Californie fabrique divers mod $\text{\textcircled{e}}$ les facilement adaptables. La Soci $\text{\textcircled{e}}$ t $\text{\textcircled{e}}$ "Wenger International, Inc., dont l'adresse est: One Crown Centre, Suite 510, 2400 Pershing Road, Kansas City, Mo. 64108, USA, est sans doute celle qui fabrique les meilleurs cuiseurs-extrudeurs polyvalents.

3) L'utilisation d'un moulin $\text{\textcircled{e}}$ aiguilles pour broyer les produits extrud $\text{\textcircled{e}}$ s est facultative, car on peut utiliser $\text{\textcircled{e}}$ galement d'autres types de broyeurs. Cependant, le moulin $\text{\textcircled{e}}$ aiguilles pr $\text{\textcircled{e}}$ sente une grande souplesse d'emploi, notamment pour moudre des substances riches en mati $\text{\textcircled{e}}$ res grasses.

4) Le prix de revient de 0,84 \$ US/kg est relativement bas, et m $\text{\textcircled{e}}$ me si une r $\text{\textcircled{e}}$ mun $\text{\textcircled{e}}$ ration des investissements de 20 p. 100 est prise en compte, le prix de d $\text{\textcircled{e}}$ tail demeure hautement comp $\text{\textcircled{e}}$ titif. Le prix courant du LISHA au d $\text{\textcircled{e}}$ tail est de 0,86 \$ US le paquet de 0,5 kg, mais ce

prix ne correspond pas à un prix de revient exact et à une production efficace. Il ne tient pas compte de certains additifs souhaitables comme le lait en poudre, les mélanges de vitamines et de sels minéraux, ou encore d'autres assaisonnements.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Chapitre VIII - Conclusions et recommandations

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

8.1 Conclusions

211 . Il convient de rappeler qu'un nombre considérable de travaux de recherche ont été conduits dans des centres de recherches sur l'alimentation et la nutrition dans différents pays africains depuis que les recherches sur les farines composées ont débuté en 1965. Le contenu de cet ouvrage témoigne du succès des recherches entreprises en Afrique et ailleurs.

212. La recherche a conduit au développement de nouveaux équipements de meunerie ainsi qu'à la construction de minoteries de sorgho et de fabriques de gari. Ceci peut être

considérer comme le commencement de la préservation des récoltes africaines et comme l'une des solutions à la crise alimentaire en Afrique.

213. Ce manuel donne aux meuniers, aux boulangers et aux artisans traditionnels africains des informations pratiques et fiables sur la production industrielle ou artisanale de produits de boulangerie, d'aliments de sevrage et de pâtes alimentaires.

8.2 Recommandations

8.2.1 Politique

214. Le transfert, à l'industrie, des résultats obtenus par la recherche dans de nombreux pays africains ne se fait pas de manière satisfaisante. Il est nécessaire d'établir une structure de liaison entre la recherche et l'industrie pour faciliter l'adaptation et l'application des innovations de la recherche au niveau industriel.

215. L'approvisionnement régulier en matières premières de qualité constante et d'un prix plus stable, condition indispensable au succès d'un programme de farines composées, peut être obtenu par des politiques adéquates de production et de formation des prix des produits agricoles.

216. Il est recommandé de donner la priorité au développement de petits équipements de transformation des aliments, cette option constituant le premier pas vers l'amélioration des

méthodes traditionnelles de transformation. A cette fin, on devrait encourager, dans un premier temps, la publication d'une documentation sur les méthodes traditionnelles de transformation des aliments.

217. La conception et la mise en oeuvre effective d'un programme de farine composée visant à promouvoir les ressources alimentaires nationales requièrent nécessairement l'intervention et des preuves de bonne volonté de la part du Gouvernement.

8.2.2 Recherches

218. Dans le cadre de la Coopération Technique entre les Pays en Développement (CTPD), la coopération entre les Instituts et des chercheurs travaillant dans les domaines de la production et de la transformation des céréales, des racines, des tubercules et des légumineuses devrait être encouragée au niveaux national, régional et international. A cet égard, l'échange de visites, la publication d'articles scientifiques et techniques, ainsi que la tenue de séminaires paraissent particulièrement importants.

219. Des recherches supplémentaires portant sur l'aptitude à la transformation de différentes variétés de plantes vivrières doivent être entreprises. A cette fin, il est nécessaire que s'établisse une meilleure coopération entre les sélectionneurs, les technologues de l'alimentation et les industriels.

220. Des investigations tendant à élargir l'emploi de farines composées dans l'élaboration

de plats traditionnels devraient être entreprises, d'une part en vue d'utiliser effectivement toutes les ressources alimentaires disponibles dans un pays donné, d'autre part et en vue de diminuer la demande d'aliments de prestige base de produits importés.

221. La mise en route de programmes de formulation d'aliments de sevrage base de produits locaux est vivement recommandée, ceci en vue de réduire la demande d'aliments de sevrage importés et d'économiser des devises étrangères.

8.2.3 Application industrielle

22. Afin d'éviter un échec, il faudrait encourager la construction d'une unité pilote avant de construire une usine de grande capacité. Par ailleurs, un contrôle de qualité des matières premières utilisées et des produits finis sortants est indispensable pour assurer le bon fonctionnement au niveau industriel.

223. Etant donné que la farine de blé constitue le principal constituant des farines composées, il convient que le mélange des différents composants se fasse dans la minoterie de blé. La minoterie devrait travailler en étroite collaboration avec un organisme disposant de conseillers compétents en matière de formulations et d'utilisation de farines composées.

224. Afin d'assurer une application correcte de la technologie de mouture et une utilisation appropriée des produits de mouture, la formation d'un personnel spécialisé à différents niveaux est d'une importance capitale.

Sources d'information supplementaires

1. *Organisations fournissant des services internationaux:*

Programme "Farines Composées"

Service des Industries Alimentaires et Agricoles

Division des Services Agricoles

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (OAA)

Via delle terme di Caracalla

00153 Rome, Italie

- Développement de nouvelles technologies et collection documentaire sur la nutrition,
- Etudes de faisabilité technique et économique régionales,
- Mise en oeuvre de projets d'installations pilotes et études de marché pour des produits nouveaux.

Branche Agro-Industrielle

Organisation des Nations-Unies pour le Développement Industriel (ONUDI)

Centre International de Vienne

Boîte Postale 300, A- 1400 Vienne, Autriche

- Conseil technique pour la construction d'équipements de minoterie,
- Conseil industriel pour l'installation de boulangerie et de fabriques de pâtes industrielles.

Division d'Agriculture, d'Alimentation et de Nutrition

Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI)

Box 8500, Ottawa, Ontario, K 1 G 3H5, Canada

- Développement d'équipements pour les systèmes céréaliers ruraux,
- Etudes de faisabilité et réalisation de projets.

Institut des Céréales, de la Farine et du Pain TNO

P.O. Box 15, 6700 AA Wageningen, Pays-Bas

- Recherche et développement de produits,
- Réalisation de projets pilotes pour la production de nouveaux produits et de programmes industriels,
- Formation et supervision des travaux de recherche des boursiers.

Département du Développement Industriel

Institut de Développement et de Recherche Tropical (TDRI)

Culham, Abington, Oxfordshire OX 1 4 3DA, Grande-Bretagne

- Recherche et développement de produits,

- Etudes de faisabilité technique et économique régionales,
- Mise en oeuvre de projets pilotes pour la production de produits nouveaux.

2. Centres nationaux fournissant des conseils:

Food Research Centre (FRC)
Shambat, Karthoum Nord, Soudan

- Procédés de transformation et produits base de sorgho.

Institut de Technologie Alimentaire (ITA)
B.P. 2765, Dakar-Hann, Sénégal

- Procédés de transformation et produits base de mil.

Société Ivoirienne de Technologie Tropicale (12T)
04 B. P. I 1 37, Abidjan 04, République de Côte d'Ivoires

- Procédés de transformation et produits base de manioc.

Références bibliographiques

- Programme "Farine Composite": Recueil de documents, Vol. I (1973) (revue de la recherche et du développement de produits parra...s par l'OAA de 1964 - 1970)

Publié par:

Service des Industries Alimentaires et Agricoles

Division des Service Agricoles

OAA, Rome, Italie

- Bibliographie sur la Technologie des Farines Composites:

Rapports - G89 (1975), G 111 (1977), G 124 (1979)

Publié par:

Institut des Produits tropicaux (TPI)

(actuellement Institut de Développement et de Recherche Tropical, TDRI)

56/62 Gray's Inn Road, Londres WC1X 8LU, Grande-Bretagne

- Sources d'information sur les industries de la mouture et des produits de bou langerie

Guide ONUDI sur les sources d'information N°39 (1981)

Publié par:

Organisation des Nations-Unies pour le Développement Industriel (ONUDI)

Centre International de Vienne

Boîte Postale 300,

1400 Vienne, Autriche

- Consumer Preference Study in Grain Utilization

**Maiduguri - Nigeria
IDRC-022 (1974)**

- La récolte retrouvée: pour une gestion intégrée des récoltes, de la moisson à la consommation, David Spurgeon
IDRC-062f (1980)

- L'adieu au pilon: un nouveau système de mouture mécanique en Afrique, Paul Eastma
IDRC- 152f (1980)

- Sorghum Milling: A new agro-industry for Botswana
IDRC-MR30 (1980)

Publiés par:

Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI)
Box 8500, Ottawa, Canada K1G 3HP

- Sorghum and millet for human food

Compte rendu: Symposium 9^e Congrès ICC
Vienne, 1-12 Mai 1976

Publié par:

TDRI (ex TPI), Londres, 1977, David Dendy, Ed.

[Table des mati](#)es - [Pr](#)écédente - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Comptes-rendus d'ateliers

[Table des mati](#)es - [Pr](#)écédente

1982

Atelier Régional sur les Farines Compos

Thème: "Possibilités de transformation du mil et son utilisation en panification et dans les industries connexes en Afrique"

Dakar, S

6-11 D

(imprim

1981

Regional Workshop on Composite Flours Thème: "The potential for industrial processing of sorghum for baking and allied food industries in Africa"

Khartoum, Soudan

7-12 D

(imprim

1978

Sorghum and millet: food production and use

Nairobi, Kenya

4-7 Juillet 1978

(publié par: CRDI-N123)

[Table des matières](#) - [Précédente](#)