



➔  **Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

 **(introduction...)**

 **PREFACE**

 **REMERCIEMENTS**

**CHAPITRE 1. LES ELEMENTS DU CHOIX TECHNOLOGIQUE DANS LA PRODUCTION DE FARINE DE MAIS**

 **(introduction...)**

**1.1. La demande de farine de maïs: Caractéristiques des produits et de la consommation**

 **(introduction...)**

 **1.1.1. Eléments nutritifs des farines de maïs**

 **1.1.2. Durée de conservation des farines de maïs**

 **1.1.3. Préférences des consommateurs, prix de détail et circuits de distribution**

 **1.2. Approvisionnement en farine de maïs: Techniques de mouture et échelles de production**

**1.3. Le choix de techniques de mouture et les objectifs de développement**

























 **(introduction...)**


















 **1.3.1. Autonomie alimentaire**

 **1.3.2. Autonomie technologique**

 **1.3.3. Création d'emplois**

 **1.3.4. Transport du maïs et de la farine**

-  **1.3.5. Fabrication des machines de mouture**
-  **1.3.6. Economies de devises**
-  **1.3.7. Industrialisation des régions rurales**
-  **1.4. Critères et méthodes d'intervention gouvernementale**
-  **CHAPITRE 2. PREPARATION DU MAIS**
  -  **2.1. Introduction**
  -  **2.2. Dépanouillage**
  -  **2.3. S chage**
    -  *(introduction...)*
    -  **2.3.1. Détermination de la teneur en eau**
    -  **2.3.2. Méthodes de séchage**
  -  **2.4. Stockage temporaire du maïs séché**
    -  **2.4.1. Teneur en eau et protection contre les moisissures**
    -  **2.4.2. Protection contre les insectes**
    -  **2.4.3. Protection contre les rongeurs et les oiseaux**
    -  **2.4.4. Systèmes de stockage**
-  **CHAPITRE 3. EGRENAGE**
  -  **3.1. Techniques d' grenage**
    -  **3.1.1. Choix du site**
    -  **3.1.2. Exposé général des méthodes d' grenage**
  -  **3.2. Matériels d'égrenage**
    -  *(introduction...)*
    -  **3.2.1. Outils à égrener**
    -  **3.2.2. Egrenoirs à main rotatifs**

-  **3.2.3. Egreneuses à bras montées sur bâti**
  -  **3.2.4. Egreneuses à moteur de grande capacité**
- **CHAPITRE 4. TECHNIQUES DE MOUTURE DU MAÏS**
  -  **(introduction...)**
  -  **4.1. Prétraitement du maïs destiné à la mouture**
  -  **4.2. Description des techniques de mouture**
  -  **4.3. Moulins à eau**
  - **4.4. Moulins à meules métalliques ou à meules de pierre et broyeurs à marteaux**
    -  **4.4.1. Moulins à meules métalliques**
    -  **4.4.2. Broyeurs à marteaux**
    -  **4.4.3. Moulins à meules de pierre (naturelle ou artificielle)**
    -  **4.4.4. Rendements comparés des moulins à meules et des broyeurs à marteaux**
    -  **4.4.5. Maintenance des moulins et broyeurs à moteur**
  -  **4.5. Appareils à cylindres**
- **CHAPITRE 5. ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET INFRASTRUCTURE NECESSAIRE**
  -  **(introduction...)**
  -  **5.1. Compétences requises**
  -  **5.2. Besoins en infrastructure**
- **CHAPITRE 6. METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES COUTS DE PRODUCTION**
  -  **6.1. Introduction**
  -  **6.2. Détermination de l'échelle et du type de production**

- **6.3. Estimation des coûts de production (introduction...)**
  - 📄 **6.3.1. Amortissement des bâtiments et de l'équipement**
  - 📄 **6.3.2. Maintenance et réparation des installations**
  - 📄 **6.3.3. Consommation d'énergie**
  - 📄 **6.3.4. Loyer du terrain**
  - 📄 **6.3.5. Coûts de main-d'oeuvre**
  - 📄 **6.3.6. Coûts d'ensachage et d'emballage**
  - 📄 **6.3.7. Intérêts sur le fonds de roulement**
  - 📄 **6.3.8. Coût unitaire de la farine de maïs produite par de petits moulins**
  - 📄 **6.3.9. Coût unitaire de production des farines converties dans des appareils à cylindres**
- 📄 **6.4. Deux exemples d'application de la méthode d'estimation**
- **ANNEXES**
  - 📄 **Annexe I: Glossaire de termes techniques**
  - 📄 **Annexe II: Constructeurs et fournisseurs de matériels**
  - 📄 **Annexe III: Institutions de recherche, d'enseignement et de technologie s'occupant de la transformation du maïs**
  - 📄 **Annexe IV: Bibliographie**
  - 📄 **Annexe V: Questionnaire**
- 📄 **QUELQUES PUBLICATIONS DU BIT**
- 📄 **COUVERTURE ARRIERE**



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



 **Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

 **(introduction...)**



**PREFACE**



**REMERCIEMENTS**



**CHAPITRE 1. LES ELEMENTS DU CHOIX TECHNOLOGIQUE DANS LA PRODUCTION DE FARINE DE MAIS**



**CHAPITRE 2. PREPARATION DU MAIS**



**CHAPITRE 3. EGRENAGE**



**CHAPITRE 4. TECHNIQUES DE MOUTURE DU MAIS**



**CHAPITRE 5. ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET INFRASTRUCTURE NECESSAIRE**



**CHAPITRE 6. METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES COUTS DE PRODUCTION**



**ANNEXES**



**QUELQUES PUBLICATIONS DU BIT**



**COUVERTURE ARRIERE**

**Série Technologie  
Dossier technique n° 7**

**Préparé sous l'égide du Bureau international du Travail et de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel**





**Bureau international du Travail  
Genève**



Le Programme mondial de l'emploi de l'Organisation internationale du Travail a pour but d'encourager et d'aider les Etats Membres à adopter et à mettre en œuvre des politiques et des programmes d'action en vue de promouvoir le plein emploi productif et librement choisi et de lutter contre la pauvreté. Menée à l'aide d'un ensemble de moyens - recherche appliquée, conseils techniques, projets nationaux, équipes régionales - l'œuvre en Afrique, en Amérique latine et en Asie -, il porte en particulier sur le développement des régions rurales, où vit toujours la très grande majorité des populations pauvres et sous-employées, et sur les problèmes du secteur urbain non structuré, en expansion rapide.

Face à la crise économique et à la montée du chômage qui ont marqué les années quatre-vingt, l'OIT, dans le cadre du Programme mondial de l'emploi, a engagé un dialogue suivi avec les partenaires sociaux et avec les autres organisations internationales sur les aspects sociaux de l'ajustement, avec le souci, qui inspire une grande partie de son travail d'analyse et de conseil, d'assurer une plus grande équité dans les programmes d'adaptation structurelle. Les activités portent notamment sur l'observation de l'évolution de l'emploi et de la pauvreté, la création directe d'emplois et de sources de revenus pour les catégories vulnérables, l'étude des rapports entre les interventions macroéconomiques et les interventions microéconomiques, l'évolution

technique, les problèmes et les politiques du marché de l'emploi.

Grâce à cet ensemble d'activités, l'OIT peut aider les Etats Membres à réaménager leurs politiques et leurs plans d'action en vue d'éliminer la pauvreté et de promouvoir l'emploi productif.

Cet ouvrage fait partie des études et des rapports publiés dans le cadre du Programme mondial de l'emploi.

**Copyright © Organisation internationale du Travail 1990**

**Première édition 1990**

**Les publications du Bureau international du Travail jouissent de la protection du droit d'auteur en vertu du protocole n° 2, annexe à la Convention universelle pour la protection du droit d'auteur. Toutefois, de courts passages pourront être reproduits sans autorisation, à la condition que leur source soit dûment mentionnée. Toute demande d'autorisation de reproduction ou de traduction devra être adressée au Service des publications (Droits et licences), Bureau international du Travail, CH-1211 Genève 22, Suisse. Ces demandes seront toujours les bienvenues.**

BIT

ONUDI

*Production de farine de maïs à petite échelle*

Genève, Bureau international du Travail, 1990 (Série Technologie, dossier technique, n° 7)

/Pub PME/,/Mémorandum technique/,/Maïs/,/Traitement du grain/,/Petite industrie/,/Pays en développement/. 08.06.2

ISBN 92-2-203640-9

ISSN 0258-0462

Titre de la version originale en anglais: *Small-scale maize milling*  
(ISBN 92-2-103640-5), Genève, 1984

*Données de catalogage du BIT*

**Les désignations utilisées dans les publications du BIT, qui sont conformes à la pratique des Nations Unies, et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Bureau international du Travail aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays, zone ou territoire, ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières. Les articles, études et autres textes signés n'engagent que leurs auteurs et leur publication ne signifie pas que le Bureau international du Travail souscrit aux opinions qui y sont exprimées.**

**La mention ou la non-mention de telle ou telle entreprise ou de tel ou tel produit ou procédé commercial n'implique de la part du Bureau international du Travail aucune appréciation favorable ou défavorable.**

**Les publications du Bureau international du Travail peuvent être obtenues dans les principales librairies ou auprès des bureaux locaux du BIT. On peut aussi se les procurer directement, de même qu'un catalogue ou une liste des nouvelles publications, à l'adresse suivante: Publications du BIT, Bureau international du Travail, CH-1211 Genève 22, Suisse.**



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



**Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**







- ANNEXES**
- 📄 **Annexe I: Glossaire de termes techniques**
  - 📄 **Annexe II: Constructeurs et fournisseurs de matériels**
  - 📄 **Annexe III: Institutions de recherche, d'enseignement et de technologie s'occupant de la transformation du maïs**
  - 📄 **Annexe IV: Bibliographie**
  - 📄 **Annexe V: Questionnaire**

**Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

## **ANNEXES**

### **Annexe I: Glossaire de termes techniques**

Acide nicotinique Synonyme de niacine (vitamine PP)

Albumen Tissu de réserve, particulièrement riche en amidon, entourant et nourrissant la plantule

Alcalin Qui a les propriétés d'une base (potentiel d'hydrogène - pH - supérieur à 7)

Aspiration Extraction de particules de petit calibre par succion (vide partiel)

Balle Enveloppe des araines de coréales

Blutage	Séparation du son et de la farine par passage au travers d'un tamis ou blutoir
c.a.f.	Coût assurance fret (prix d'une marchandise à la frontière, quand on ajoute son prix toutes les charges supplémentaires de transport et d'assurance)
Calibrage	Classement selon la grosseur (calibre)
Conditionnement	Opération déterminant la teneur en eau d'une substance pour la placer dans les conditions de traitement les plus favorables. Dans le cas du maïs, il s'agit d'un mouillage suivi d'un séchage
Convection	Mouvement ascendant d'une masse d'air due à son réchauffement par une source de chaleur ou à un écart de température
Corindon	Matière granulaire (alumine), naturelle ou artificielle, utilisée comme abrasif
Cyclone	Appareil de forme tronconique, à axe vertical, servant à débarrasser un courant d'air des particules qu'il transporte. Celles-ci se séparent suivant leur densité et sont collectées à la partie inférieure de l'appareil
Déorticage	Opération consistant à éliminer la couche périphérique du grain et aussi du germe
Dégermage	Opération consistant à enlever le germe de la graine

Dépanouillage	Opération consistant à débarrasser les épis de maïs (panouilles) des spathes qui les entourent
Dépouillage	Synonyme de dépanouillage
Despathage	Synonyme de dépanouillage
Egrenage	Opération consistant à dégarnir un épi de ses grains
Embryon	Synonyme de germe
Endosperme	Synonyme d'albumen
f.a.b.	Franco bord (valeur d'une marchandise à la frontière, l'exclusion des frais de transport et d'assurance)
Farine	Poudre obtenue par une mouture fine
Farine complète	Farine non dégermée
Fumigation	Application des vapeurs d'une substance chimique (fumigant) pour désinfecter un local ou exterminer des espèces animales nuisibles (rongeurs, insectes)
Gemmule	Bourgeon de l'embryon

Germe

Partie de la semence, riche en matières grasses, qui se développe pour former la plante

Germination

Début de la croissance du germe d'une semence

Globulines

Protéines de poids moléculaire élevé, généralement insolubles dans l'eau

Glume

Enveloppe des fleurs, puis des graines, de graminées

Glutelines

Nom générique d'holoprotéides insolubles dans l'eau et l'éthanol, solubles dans les bases et les acides dilués

Gluten

Matière visqueuse de nature protidique qui subsiste après élimination de l'amidon des farines de céréales

Grits (gritz)

Partie externe des grains de maïs, très riche en amidon, utilisée notamment en brasserie

Gruau

Partie du grain la plus dure et la plus riche en gluten, séparée des farines et des issues par des blutages et des sassage répétés

Holoprotéines

Groupe de protéines dont les constituants sont exclusivement des acides aminés

Inflorescence

Groupement des fleurs d'une plante

Intrants (inputs)

Éléments nécessaires à la production

## Issues

Produits autres que la farine obtenus au cours de la mouture: sons, remoulages, farines basses, etc. Ce sont essentiellement les enveloppes des grains.

## Lipide

Corps gras

## Maïs

Graminée racines fibreuses, tige droite et larges feuilles lancéolées, dont les fruits sont des grains durs de la grosseur d'un pois serrés et alignés sur un gros pépi

## Maïsserie

Etablissement où l'on traite le maïs

## Moisissures

Nom commun donné aux champignons de petite taille qui vivent sur les produits agricoles et les aliments et leur font subir des altérations chimiques

## Mouture

Opération de meunerie consistant à réduire en farine des grains de céréales. Produit résultant de cette opération

## Niacine

Vitamine PP

## Niébé

Légumineuse petites graines, cultivée surtout en zone aride

## Nixtamal

Maïs-grain ayant subi une nixtamalisation

## Nixtamalisation

Méthode de cuisson des grains de maïs entiers dans une solution alcaline d'hydroxydes de sodium et de calcium

Panouille,  
panouil,  
panouillon

Epi de maïs recouvert de ses spathes

Pellagre

Maladie due à une déficience alimentaire en vitamine PP, caractérisée surtout par des lésions eczémateuses de la peau des parties découvertes (mains, face), l'inflammation des muqueuses de la bouche, des troubles digestifs et nerveux

Péricarpe

Membrane mince enveloppant la graine des fruits

Plansichter

Appareil comprenant plusieurs compartiments dont chacun contient 10-12 tamis plans secoués par un excentrique. Une fois séparés, les différents produits sortent par de petites manches souples montées sur l'appareil

Poudrage

Application d'un insecticide pulvérulent sur les produits à conserver

Protéines

Famille des protides constituée par des macromolécules

Protides

Composés organiques présents dans toutes les cellules vivantes. Ce sont soit des acides aminés, soit des macromolécules formées d'une union d'acides aminés

Pulvérisation

Application, sur les produits à conserver, d'un insecticide liquide sous forme de fines gouttelettes

Radicule

Partie inférieure de l'axe de l'embryon qui, en se développant, forme la racine du végétal

Rafle	Axe $\diamond$ pais et spongieux de l' $\diamond$ pi de ma $\diamond$ s, sur lequel sont fix $\diamond$ s les grains
Riboflavine	Vitamine B <sub>2</sub> , pr $\diamond$ sent $\diamond$ e dans les c $\diamond$ r $\diamond$ ales, les l $\diamond$ gumes, etc.
Sassage	Passage des semoules au sas, pour les purifier et les classer par ordre de densit $\diamond$
Semoule	Farine granul $\diamond$ e, plus ou moins grossi $\diamond$ re
Soies	Faisceau de styles filiformes, appartenant $\diamond$ la floraison femelle, qui recueille les grains de pollen issus des fleurs m $\diamond$ les et port $\diamond$ s par le vent
Son	R $\diamond$ sidu de la mouture des c $\diamond$ r $\diamond$ ales provenant du p $\diamond$ ricarpe des grains
Spathe	Grande bract $\diamond$ e (feuille) enveloppant et prot $\diamond$ geant les $\diamond$ pis de ma $\diamond$ s
Thiamine	Vitamine B <sub>1</sub> , $\diamond$ action antib $\diamond$ rib $\diamond$ rique
Z $\diamond$ ine	Prot $\diamond$ ine du groupe des prolamines, extraite des grains de ma $\diamond$ s

## **Annexe II: Constructeurs et fournisseurs de mat $\diamond$ riels**

**Les mat $\diamond$ riels construits ou fournis par les entreprises mentionn $\diamond$ es ci-dessous sont identifi $\diamond$ s comme suit:**

**PD: Paumelles de dépanouillage**

**OE: Outils égreners**

**ER: Egrenoirs à main rotatifs**

**EB: Egreneuses sur bâti**

**EM: Egreneuses à moteur**

**MM: Moulins à meules métalliques**

**BM: Broyeurs à marteaux**

**MP: Moulins à meules de pierre (naturelle ou artificielle)**

**AC: Appareils à cylindres**

**VS: Ventilateurs de séchage au sol**

**SS: Séchoirs de cellules et silos**

**SL: Séchoirs à lots successifs (discontinus, statiques)**

**SC: Séchoirs de type continu ou à recirculation**

### Constructeurs/fournisseurs

### Matériels

#### République fédérale d'Allemagne

Heger Maschinenfabrik GmbH  
26, Zaberstrasse  
7033 Herrenberg 1

BM, MP, AC

#### Belgique

Ateliers Albert et Cie SA  
2, rue Riverre  
5750 Floreffe (Namur)

BM



Ets. D.D.D.-Président  
487, chaussée de Dikkebus  
8904 Ypres

BM, MP

Brazil

Irmãos Nogueira SA  
781, Rua XV de Novembro  
13970-1 Itapira  
São Paulo

EM, BM

Laredo Models SA  
Rua 1 de Agosto  
11-67 CEP  
17100 Bauru (SP)

EM, BM

China

China National Agricultural  
Import and Export Corporation  
26, South Yeutan Street  
Beijing

ER, BM, AC

Côte-d'Ivoire

SACM

MM RM MP

21/10/2011

SECRET

16, rue des Foreurs  
B.P. 19  
Abidjan 04

...meister10.htm  
... , ... , ...

Danemark

ABC Hansen A/S  
Kirkegade 1  
P.O. Box 73  
8900 Randers

MM, MP

Etats-Unis

C.S. Bell Co.  
170 West Davis Street  
Box 291  
Tilfin, OH 44883

ER, MM, BM

Decker Manufacturing Co.  
P.O. Box 368  
312 Blondeau  
Keokuk, IA 51632

OE

Mast Harness Shop  
Rt. 1, Box 228  
Hazleton, IA 50641

PD

Swanson Machine Co. EM  
20-26 East Columbia Avenue  
Champaign, IL 61820

France

Ets. J. Bourgoïn SA EM  
B.P. 17  
61, avenue Georges-Clémenceau  
85110 Chatonnay

Ets. Champenois SA ER, EB, MM, BM  
Chamouilley  
52170 Chevillon

Société COMIA-FAO SA EM, BM, SS, SC  
B.P. 91  
27, boulevard de Chateaubriant  
35502 Vitry Cedex

Electra ER, EM, MM, BM  
Poudenas  
47170 Mazin

Fts. Gaubert SA FR. MM. MP

21/10/2011

meister10.htm

2, rue de la Gare  
B.P. 24  
16700 Ruffec

Genelec  
Rue du Nizerand  
69400 Villefranche-sur-Saône

BM

Law Agro-Industrie  
5, avenue du Général-de-Gaulle  
B.P. 72  
60304 Senlis Cedex

BM, AC, SC

Ets. Guy Moulis  
20, avenue des Pyrénées  
81360 Montredon-Labessonnie

BM, MP

Promill  
B.P. 109  
28104 Dreux

BM

Renson Landrecies Sarl  
37, route d'Happegarbes  
B.P. 12  
59550 Landrecies

ER, EB, MM, BM, MP

21/10/2011

SECA

Le Mottier

38260 La Côte-St. André

meister10.htm  
ER, EM, MM, BM, MP

Ets. Tixier Frères

18120 Lury-sur-Arnon

BM, MP

### Inde

Allied Trading Co.

Railway Road

Ambala City 134 002 (Haryana)

ER, EM

Cossul & Co. Pvt. Ltd.

123/367 Industrial Area

Fazalgunj

Kanpur (Uttar Pradesh)

ER, EB, EM

Dandekar Brothers

Shivaji Nagar

Sangli 416 416 (Maharashtra)

ER, EM, MP

International Manufacturing Co.

Hospital Road

Jagraon

Ludhiana (Panjab)

EM

21/10/2011

meister10.htm

Kisan Krishi Yantra Udyog  
64 Moti Bhawan  
Collectorganj  
Kanpur 208 001 (Uttar Pradesh)

BM, MP

Rajan Universal Exports (Mfrs.)  
P.O. Box 250  
Madras 600 001 (Tamilnadu)

ER, EM, MM, MP

Rajasthan State Agro Industries Co.  
Virat Bhawan, Prithviraj Marg  
C-Scheme  
Jaipur 302 001 (Rajasthan)

ER

Union Forgings  
Focal Point  
Sherpur  
Ludhiana (Panjab)

EB, EM

### Italie

OCRIM SpA  
Via Massarotti 76  
B.P. 155  
26100 Cremona

BM, AC

Japon

D:/cd3wddvd/NoExe/.../meister10.htm

22/214

CECOCO  
P.O. Box 8  
Ibaraki City  
Osaka 567

ER, EB, MM

Kenya

Ndume Products Ltd.  
P.O. Box 62  
Gilgil

ER, BM

Malawi

Brown & Clapperton Ltd.  
Metal Products Division  
P.O. Box 1582  
Blantyre

ER, MM

Philippines

Alpha Machinery & Engineering Corp. BM  
P.O. Box 579  
MCC Makati  
Metro Manila D 708

Royaume-Uni

Alvan Blanch Development Co. Ltd. ER, EB, EM, MM, BM, MP,  
Chelworth VS, SS, SL, SC  
Malmesbury, Wiltshire SN16 9SG

Bentall Simplex Ltd. MM, MP, VS, SS, SC  
Normanby Park Industrial State  
Scunthorpe, South Humberside

Christy & Norris Ltd. BM  
Kings Road  
Chelmsford, Essex CM1 1SA

Kamas Machinery Ltd. SC  
110 Hunslet Lane  
Leeds, Yorkshire LS10 1ES

Export Ltd. MM, BM, SS, SC  
Quarry Road  
Chipping Sodbury  
Bristol BS17 6AX

R.A. Lister Farm Equipment Ltd. VS, SS  
Gosditch Street  
Cirencester, Gloucestershire GL7 2AG



Scotmec Ltd.  
42-44 Waggon Road  
Ayr (Ecosse)

BM

Overseas Development Natural  
Resources Institute (NRI)  
Central Avenue, Chatham Maritime  
Chatham, Kent ME 4TB

Sénég

SISMAR  
20, rue du Dr Thize  
B.P. 3214  
Dakar

EB, EM, MM, BM

Suisse

Böhler Frères SA  
9240 Uzwil

AC, SC

République-Unie de Tanzanie

Manik Engineers  
P.O. Box 1274

BM

Arusha

Ubungo Farm Implements Ltd.            ER  
P.O. Box 20126  
Dar-es-Salaam

**Annexe III: Institutions de recherche, d'enseignement et de technologie s'occupant de la transformation du maïs**

**Brésil**

**Fundaç o Centro Tecnológico de Minas Gerais  
2000, Avenida José C ndido da Silveira  
Horto 30000  
P.O. Box 2306  
Belo Horizonte (Minas Gerais)**

**Canada**

**Canadian Hunger Foundation  
75 Sparks Street  
Ottawa, Ontario K1P 5A5**

**Equateur**

**Centro de Desarrollo Industrial de Ecuador  
Guayaquil**

**Etats-Unis**

**Volunteers in Technical Assistance (VITA)**  
**Suite 200**  
**1815 North Lynn Street**  
**Arlington, VA 22209**

**Ethiopie**

**International Livestock Centre for Africa**  
**Addis-Abeba**

**France**

**Alternatives technologiques et recherches sur les**  
**industries agricoles et alimentaires (ALTERSIAL)**  
**ENSIAA**  
**1, avenue des Olympiades**  
**91305 Massy**

**Centre d'études et d'expérimentation**  
**du machinisme agricole (CEEMAT/CIRAD)**  
**Domaine de la Valette**  
**34100 Montpellier**

**Groupe de recherche et d'échanges**  
**technologiques (GRET)**  
**213, rue Lafayette**  
**75010 Paris**

**Institut de recherches agronomiques**  
**tropicales et des cultures vivrières (IRAT)**

**45 bis, avenue de la Belle Gabrielle  
94736 Nogent-sur-Marne Cedex**

**Inde**

**Central Food Technological Research Institute  
Chelluvamba Mansion  
Mysore 570 013**

**Indian Grain Storage Institute  
Department of Food  
Ministry of Agriculture  
Meerut Road  
P.O. Box 10  
Napur, Dist. Ghaziabad (Uttar Pradesh)**

**Indian Agricultural Research Institute  
Library Avenue  
New Delhi 110 012**

**Jamaïque**

**Caribbean Food and Nutrition Institute  
P.O. Box 140  
Kingston 7**

**Mexique**

**International Maize and Wheat Improvement  
Centre**

**Apartado 6-641  
Mexico 06600**

**Nigeria**

**International Institute of Tropical  
Agriculture (IITA)  
Oyo Road  
POB 5320  
Ibadan**

**Pakistan**

**IRRI-PAK Agricultural Machinery Program  
P.O. Box 1237  
Islamabad**

**Pakistan Agricultural Research Council  
P.O. Box 1031  
Islamabad**

**Pays-Bas**

**Technische Hogeschool  
2, Den Dolech  
Postbus 513  
5600 MB Eindhoven**

**Royaume-Uni**

**Intermediate Technology Development  
Group (ITDG)  
103-105 Southampton Row  
Londres WC1B 4HH**

**Overseas Development Natural  
Resources Institute (NRI)  
Central Avenue, Chatham Maritime  
Chatham, Kent ME 4TB**

**Thaïlande**

**Asian Institute of Technology  
P.O. Box 2754  
Bangkok**

**Thailand Institute for Scientific and  
Technological Research  
196 Phahonyothin Road  
Bangkhen  
Bangkok 10900**

**Trinité-et-Tobago**

**Ministry of Agriculture, Lands and Fisheries  
Port of Spain**

**Zaïre**

**CEDECO**

**B.P. 70  
Kimpese**

**Zambia**

**Northern Technical College  
Ndola**

**Annexe IV: Bibliographie**

**Ajayi, O.A.: Grinding in hammer mills, Report of the National College of Agricultural Engineering (Silsoe, Royaume-Uni, NCAE, 1980).**

**Beaty, H.H.; Shore, G.C.: Drying shelled corn, Circular No. 916, Cooperative Extension Service (Urbana, Illinois, University of Illinois, College of Agriculture, 1965).**

**Berger, J.: Maize production and the maturing of maize (Genève, Centre d'études de l'azote, 1962).**

**BIT: Le stockage du grain, Sûrie Technologie, Dossier technique n°11 (Genève, 1986).**

**Brekke, O.L.: "Corn dry milling: Pre-tempering low-moisture corn", Cereal Chemistry, vol. 15 (1986), n°44, pp. 521-531.**

**Brekke, O.L.: "Corn dry milling: Cold tempering and de-germination of corn of various initial moisture contents", Cereal Chemistry, vol. 5 (1969), n°46, pp. 545-549.**

**Brekke, O.L.: "Dry milling artificially-dried corn: Roller milling of de-germinator stock at various moistures", Cereal Science Today, vol. 2 (1970), n°15, pp. 37-42.**

**Brekke, O.L.: "Dry milling of opaque - 2(high-lysine) corn", Cereal Chemistry, vol. 5**

**(1971), n°48, pp. 499-511.**

**Bressani, R.; Castillo, S.V.; Guzman, M.A.: "Corn flours: The nutritional evaluation of processed whole corn flours". Journal of Agricultural Food Chemistry, vol. 4 (1962), n°10, pp. 308-312.**

**Bricas, N.: Innovation et adaptation de technologies pour l'industrialisation des pays africains - Les industries agro-alimentaires; Le cas de la transformation du maïs, du mil et du sorgho, mémoire présenté à l'École nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (Massy, France, mai 1982).**

**Brooker, D.B.; Bakker-Arkema, F.W.; Hall, C.W.: Drying of cereal grains (Westport, Connecticut, Avi Publishing, 1974).**

**Buelow, F.H.: Drying crops with solar heated air, Proceedings of a United Nations Conference on New Sources of Energy held in Rome in 1961 (Rome, FAO, 1961).**

**Centre d'études et d'expérimentation du machinisme agricole et tropical (CEEMAT): Conservation des grains en régions chaudes, collection "Techniques rurales en Afrique", (Paris, Ministère de la coopération et du développement, 2e édition, 1988).**

**Chambers: A dictionary of science and technology (Edimbourg, Ecosse, W. & R. Chambers Ltd., 1974).**

**Christensen, C.M.; Kaufmann, H.H.: Grain storage; The role of fungi in quality loss (Minneapolis, Minnesota, University of Minnesota Press, 1969).**

**Christian Council of Tanzania: Manually-operated grinding mills: An evaluation (Dar-es-Salaam, Department for Development Services, 1980).**



**Clarke, B.: A survey of cereal grinding in Africa, Report No. 190326 (Silsoe, Royaume-Uni, National College of Agricultural Engineering, 1980).**

**Commonwealth Secretariat: Guide to technology transfer in East, Central and Southern Africa (Londres, Commonwealth Secretariat, 1981).**

**FAO: Maize and maize diets: A nutritional survey, Nutritional Studies No. 9 (Rome, 1953).**

**FAO: Food composition tables - Mineral and vitamins for international use, Nutritional Studies No. 11 (Rome, 1954).**

**FAO: Food composition tables for use in Africa (Rome, 1968).**

**FAO: Annuaire de la production 1979 (Rome, 1979).**

**FAO: Processing and storage of foodgrains by rural families (Rome, 1979).**

**François, M.: Du grain à la farine, collection "Le point sur les technologies" (Paris, Groupe de recherche et d'échanges technologiques, 1988).**

**Gerstenkorn, P.; Swingelberg: "Maize conditions and milling", Mühle und Mischfuttertechnik, vol. 6 (1975), n°112, pp. 66-70.**

**Groupe de recherche et d'échanges technologiques (GRET): Fichier technique du développement, fascicule n°29 (Paris, 1983).**

**Harper, M.: Working paper 174 (Nairobi, Institute for Development Studies, Nairobi University, 1974).**

**Inglett, G.E.: Corn: Culture, processing, products (Westport, Connecticut, Avi Publishers, 1970).**

**Intermediate Technology Development Group (ITDG): Tools for agriculture - A buyers' guide to appropriate equipment, compiled by Patrick Mulvany (Londres, Intermediate Technology Publications Ltd., 3e édition, 1985).**

**James, A.W.: Communication personnelle, 1982.**

**Kaplinsky, R.: "A country case study: Food processing in Kenya", dans l'ouvrage publié sous la direction de Baron, C.G.: Technology, employment and basic needs in food processing in developing countries (Oxford, Pergamon Press, 1980).**

**Kent, N.L.: Technology of cereals (Londres, Pergamon Press, 1966).**

**Kent-Jones, D.W.; Amos, A.J.: Modern cereal chemistry (Londres, Food Trade Press, 6e édition, 1967).**

**Lindblad, C.; Druben, L.: Small farm grain storage (Arlington, Virginia, VITA, 1977).**

**Muchnik, J.: Alternatives pour la transformation du maïs, collection "Technologies et développement" (ALTERSIAL, Massy, France, 1980).**

**Ndambuki, W.W.: "Meet Kenya's very own energy pioneer", Daily Nation (Nairobi), 30 oct. 1981.**

**O'Kelly, E.: "Traitement et stockage des céréales vivrières par les ménages ruraux". Bulletin des services agricoles (Rome), n°53, 1979.**

**Olatunji, O.; Edwards, C.; Koleoso, O.A.: "Processing of maize and sorghum in Nigeria for human consumption". Journal of Food Technology, vol. 1 (1980), n°15, pp. 85-92.**

**Programme de l'emploi et des compétences techniques pour l'Afrique (PECTA): Appropriate technologies in cereal milling and fruit processing industries - A comparative**

**sub-regional study of four East African countries (Kenya, Somalia, Tanzania and Zambia) (Addis-Abeba, BIT, 1981).**

**Programme de l'emploi et des compétences techniques pour l'Afrique (PECTA): Technologies appropriées dans les industries de transformation alimentaire et de conservation de fruits dans quatre pays de la CEAO: Haute-Volta, Mali, Niger, Sénégal (Addis-Abeba, BIT, 1982).**

**Rouanet, G.: Le maïs, collection "Le technicien d'agriculture tropicale" (Paris, Maisonneuve et Larose, 1984).**

**Schlage, C.: Polished versus whole maize: Some nutritional and economic implications of the traditional processing of maize in North Eastern Nigeria, Research Report No. 2 (Dar-es-Salaam, Bureau of Resource Assessment and Land Use Planning, 1968).**

**Schoonhoven, A.V.; Horber, E.; Mills, R.B.: "Conditions modifying expression of resistance in maize kernels to the maize weevil", Environmental Entomology, 1976, n°5.**

**Soza, R.F.; Willena, D.: Solar grain dryers, Paper presented at the 25th Annual Meeting of the Central American Cooperative Programme for the Improvement of Food Cultivation held in Tegucicalpa, Honduras, in 1979. (Tegucicalpa, PCCMCA, 1979).**

**Stewart, F.: "The choice of technique: Maize grinding in Kenya", dans Technology and underdevelopment (Londres, Macmillan, 1977).**

**Temple, M.: "Nepalese water mill", Appropriate Technology (Londres), vol. 1 (1974), n°3, p. 15.**

**Tropical Products Institute: A wooden hand-held maize sheller (Londres, TPI, 1977).**

**Uhlig, S.J.; Bhat, B.A.: The choice of technique in maize milling (Edimbourg, Ecosse, Scottish Academic Press, 1979).**

**Vojnovich, C.; Pfeifer, V.F.; Griffin, E.L.: "Reducing microbial populations in dry milled corn products", Cereal Science Today, vol. 12 (1978), n°15, pp. 401-407.**

**Waelti, H.; Buckle, W.F.: "Factors affecting corn kernel damage in combine cylinders", Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1967.**

**Walker, D.J.: Report of the Swaziland rural grain storage project, 1972-1975 (Mbadane, Ministry of Agriculture, 1975).**

**Wells, G.H.: "The dry side of corn milling", Cereal Foods World, vol. 8 (1979), n°24, pp. 333-340.**

**Zambia Industrial and Mining Corporation Ltd.: Maize meal, maize milling: A national problem (Lusaka, 1978).**

**Annexe V: Questionnaire**

1. Nom et prénom: .....

2. Adresse: .....  
.....  
.....  
.....

3. Profession: (prendre de cocher la case correspondante):

Responsable d'une installation de production de farine de maïs

.....  
Dans l'affirmative, indiquez le volume de production et précisez  
la nature de vos fonctions .....

/\_/\_/

Fonctionnaire d'un organisme d'Etat .....

Dans l'affirmative, précisez vos fonctions .....

/\_/\_/

Collaborateur d'une institution financière .....

Dans l'affirmative, indiquez vos fonctions .....

/\_/\_/

Membre d'une université ou d'un centre de recherche .....

Dans l'affirmative, indiquez le nom de l'université ou du centre  
et précisez vos fonctions .....

/\_/\_/

Collaborateur d'une institution technologique .....

Dans l'affirmative, indiquez le nom de l'institution et précisez  
vos fonctions .....

/\_/\_/

Collaborateur d'une institution de formation ..... /\_\_/

Dans l'affirmative, indiquez le nom de l'institution et précisez la nature de vos fonctions .....

.....  
 .....

Autre (préciser) ..... /\_\_/

.....  
 .....

#### 4. Comment avez-vous obtenu un exemplaire de ce dossier technique?

L'avez-vous reçu gratuitement ou l'avez-vous acheté?

.....  
 .....

#### 5. Ce dossier vous a-t-il aidé (préciser de cocher la case correspondante):

Prendre connaissance de techniques de production de farine de maïs que vous ne connaissiez pas encore ..... /\_\_/

Trouver les noms et adresses de constructeurs et de fournisseurs de matériels ..... /\_\_/

Estimer les coûts unitaires de production pour différentes échelles de ..... /\_\_/

- Passer commande de matériel des fins de fabrication sur place /\_\_/
- Améliorer vos techniques de production /\_\_/
- Réduire vos frais d'exploitation /\_\_/
- Améliorer la qualité de vos produits /\_\_/
- Déterminer l'échelle de production d'une nouvelle installation et choisir le procédé qui convient /\_\_/
- Si vous appartenez à un organisme d'Etat, élaborer de nouvelles dispositions ou de nouvelles politiques pour l'industrie considérée /\_\_/
- Si vous faites partie d'une institution financière, étudier une demande de prêt visant la création d'une installation de production de farine de maïs /\_\_/
- Si vous appartenez à une institution de formation, enrichir votre matériel didactique /\_\_/
- Si vous êtes un expert international, mieux conseiller vos homologues sur les techniques de production mettre en oeuvre /\_\_/

6. Ce dossier vous semble-t-il suffisamment  
détaillé en ce qui concerne:

Oui

Non

- la description des aspects techniques

/\_\_\_/

/\_\_\_/

- la liste des constructeurs et fournisseurs de  
matériels

/\_\_\_/

/\_\_\_/

- les méthodes d'estimation des coûts de  
production

/\_\_\_/

/\_\_\_/

- l'évaluation de l'impact socio-économique

/\_\_\_/

/\_\_\_/

- les références bibliographiques

/\_\_\_/

/\_\_\_/

Si certaines de vos réponses sont négatives, veuillez en indiquer les raisons ci-dessous ou sur  
une feuille séparée:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

7. Comment ce dossier pourrait-il être amélioré dans l'éventualité d'une nouvelle édition?

.....  
 .....



8. Veuillez adresser ce questionnaire, dûment rempli, :




Service de la technologie et de l'emploi  
Bureau international du Travail

CH-1211 Genève 22 (Suisse)

9. Si vous souhaitez obtenir des informations complémentaires sur certaines des questions traitées dans ce dossier, le BIT et l'ONUDI s'efforceront de vous les fournir.



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

-  **Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**
-  **(introduction...)**
-  **PREFACE**
-  **REMERCIEMENTS**
- CHAPITRE 1. LES ELEMENTS DU CHOIX TECHNOLOGIQUE DANS LA PRODUCTION DE FARINE DE MAIS**
- CHAPITRE 2. PREPARATION DU MAIS**
-



- ☐ **CHAPITRE 3. TECHNIQUES DE MOUTURE DU MAIS**
- ☐ **CHAPITRE 5. ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET INFRASTRUCTURE NECESSAIRE**
- ☐ **CHAPITRE 6. METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES COUTS DE PRODUCTION**
- ☐ **ANNEXES**
- ➔ **QUELQUES PUBLICATIONS DU BIT**
- ☐ **COUVERTURE ARRIERE**

## QUELQUES PUBLICATIONS DU BIT

### Technologie du travail de la corne

Description des techniques de travail de la corne et du mode de fabrication d'une série d'objets utilitaires ou décoratifs en corne. Données pour le calcul des prix de revient.

ISBN 92-2-205358-3

15 fr. suisses

### Précis de dessin technique et l'usage des formateurs d'artisans

Le développement de l'artisanat exige une amélioration des outillages, des équipements et des méthodes de production. Mais il exige aussi l'acquisition d'un «langage»: le dessin technique, sans lequel il est exclu d'établir des normes de qualité et d'aborder la production en petite série. Fondé sur une pédagogie originale déjà expérimentée avec succès, cet ouvrage est à la fois un manuel de l'usage des formateurs et un aide-mémoire où les artisans trouveront tous les renseignements dont ils pourront avoir besoin durant leur apprentissage du dessin technique et dans leur vie professionnelle.

ISBN 92-2-205686-8

15 fr. suisses

### **Le séchage solaire. Méthodes pratiques de conservation des aliments**

Description de plusieurs modèles de séchoirs et présentation détaillée de procédés simples de séchage et de conditionnement du poisson, des légumes, des fruits et des céréales. Exposés des principes et des méthodes de l'action de vulgarisation.

ISBN 92-2-205357-5

20 fr. suisses

### **Série Technologie**

Les dossiers techniques publiés dans cette série s'adressent aux petites entreprises, aux services de planification et de promotion de la petite industrie comme aux organismes de coopération technique. Leur but est de faire connaître des techniques de production à petite échelle particulièrement adaptées aux conditions socio-économiques qui se rencontrent dans les pays en développement. Plusieurs des volumes publiés en anglais doivent être traduits en français.

ISSN 0258-0462

#### **N° 3: Small-scale processing of fish**

Traitement du poisson. Préparation, conservation, conditionnement de poisson salé, séché, fumé, bouilli ou fermenté. Evaluation économique des différentes méthodes de préparation. Mesures de protection de l'environnement.

ISBN 92-2-103205-1

17,50 fr. suisses

#### **N° 5: Small-scale oil extraction from groundnuts and copra**

Production d'huile d'arachides et d'huile de coprah.

ISBN 92-2-103503-4

17,50 fr. suisses

#### **N° 9: Small-scale processing of pork**

#### **N° 10: Small-scale processing of beef**

Fabrication de produits carnés, porc et bœuf. Description des procédés de production de divers produits. Approvisionnement en viande, installations et matériel, fabrication, conditionnement. Evaluation socio-économique des différentes options techniques. Mesures de protection de l'environnement.

ISBN 92-2-100542-9

20 fr. suisses

ISBN 92-2-105050-5

20 fr. suisses

### N° 11: **Le stockage du grain**

Description des techniques de stockage au niveau villageois et au niveau communautaire. Caractéristiques des grains et facteurs de dégradation. Moyens de stockage traditionnels, utilisation de structures nouvelles. Calcul des coûts de stockage.

ISBN 92-2-205415-6

20 fr. suisses

### N° 13: **Conservation des légumes petite échelle**

### N° 14: **Conservation des fruits petite échelle**

Description d'une série de techniques de conservation - par séchage, par le sel, par le vinaigre, par fermentation, par appertisation pour les légumes; par séchage, par le sucre, par la chaleur, par le sel et le vinaigre, par la fermentation pour les fruits - pour une production artisanale ou semi-industrielle. Règles d'hygiène et de protection de l'environnement à observer. Evaluation des coûts de production. Etude d'une petite unité de transformation.

ISBN 92-2-206402-X

20 fr. suisses

ISBN 92-2-206403-8

27,50 fr. suisses

### N° 15: **Fabrication artisanale d'outils manuels pour l'agriculture**

Description des techniques de fabrication de dix-sept modèles d'outils, l'unité ou en petites séries. Détermination des coûts de production avec fiches de calcul du prix de revient.

**Les prix peuvent être modifiés sans préavis.**



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



 **Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

 **(introduction...)**

 **PREFACE**

 **REMERCIEMENTS**

 **CHAPITRE 1. LES ELEMENTS DU CHOIX TECHNOLOGIQUE DANS LA PRODUCTION DE FARINE DE MAIS**

 **CHAPITRE 2. PREPARATION DU MAIS**

 **CHAPITRE 3. EGRENAGE**

 **CHAPITRE 4. TECHNIQUES DE MOUTURE DU MAIS**

 **CHAPITRE 5. ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET INFRASTRUCTURE NECESSAIRE**

 **CHAPITRE 6. METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES COUTS DE PRODUCTION**

 **ANNEXES**

 **QUELQUES PUBLICATIONS DU BIT**

  **COUVERTURE ARRIERE**

**COUVERTURE ARRIERE**

## **Production de farine de maïs petite chelle**

**Les céréales constituent l'un des principaux éléments du régime alimentaire des populations à faible revenu. Souvent réalisées dans de grandes installations à forte intensité de capital, leur transformation peut l'être tout aussi bien dans de petites unités, à l'aide de techniques à forte intensité de travail qui permettent de créer des emplois, d'économiser des devises et de promouvoir l'industrialisation des zones rurales. Ces techniques, dans ce domaine comme dans d'autres, sont toutefois mal connues. C'est la raison qui a conduit le BIT à publier une série de dossiers d'information sur le sujet.**

**Consacré à la production de farine de maïs, celui-ci expose les données du choix de la technologie au regard des objectifs du développement. Il décrit de façon détaillée la technologie de production à petite échelle pour des installations artisanales ou semi-industrielles - préparation du maïs, grenage, mouture - et présente un tableau très complet du petit matériel de meunerie: moulins à meules métalliques, broyeurs à marteaux, moulins à meules de pierre. Le dossier énonce les principes d'organisation de la production et présente une méthode d'estimation des coûts. Les annexes contiennent un glossaire de termes techniques, une liste de constructeurs et de fournisseurs de matériel et une liste d'institutions de recherche, d'enseignement et de technologie.**

**Ce dossier a été préparé sous l'égide du Bureau international du Travail et de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel. La série Technologie, dans laquelle il est publié, a pour but de faire connaître différentes techniques de production à échelle restreinte et d'aider les petites entreprises, les services de planification et de promotion de la petite industrie comme les organismes de coopération à choisir les solutions les mieux adaptées aux conditions socio-économiques qui se rencontrent dans les pays en développement.**

**ISBN 92 2 203640-9**



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



 **Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

 **(introduction...)**

  **PREFACE**

 **REMERCIEMENTS**

 **CHAPITRE 1. LES ELEMENTS DU CHOIX TECHNOLOGIQUE DANS LA PRODUCTION DE FARINE DE MAIS**

 **CHAPITRE 2. PREPARATION DU MAIS**

 **CHAPITRE 3. EGRENAGE**

 **CHAPITRE 4. TECHNIQUES DE MOUTURE DU MAIS**

 **CHAPITRE 5. ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET INFRASTRUCTURE NECESSAIRE**

 **CHAPITRE 6. METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES COUTS DE PRODUCTION**

 **ANNEXES**

 **QUELQUES PUBLICATIONS DU BIT**

 **COUVERTURE ARRIERE**

## PREFACE

**La transformation des céréales alimentaires joue un rôle économique majeur dans les pays en développement, pour deux raisons. En premier lieu, les céréales transformées**

constituent l'un des éléments les plus importants du régime alimentaire des populations à faible revenu, en particulier dans les zones urbaines, où elles ne disposent pas de l'équipement nécessaire pour effectuer les opérations de transformation des produits de l'agriculture et de l'élevage. En second lieu, le recours des techniques appropriées de transformation des céréales peut contribuer à la réalisation d'objectifs socio-économiques essentiels telles que la création d'emplois et l'économie des rares ressources en devises étrangères. Il convient en conséquence de planifier avec soin l'expansion du secteur de la transformation des céréales alimentaires et d'en tirer le maximum d'avantages.

Certains pays en développement ont mis au point et diffusés des techniques de transformation des céréales alimentaires pour assurer un bon équilibre entre les petites unités de production qui utilisent des techniques à forte intensité de main-d'œuvre ou des techniques intermédiaires (par exemple les petits moulins à meules ou les broyeurs à marteaux) et les grandes unités qui recourent à des techniques importées à forte intensité de capital (par exemple les appareils de mouture). D'autres pays n'ont pas réussi à maintenir cet équilibre et ont encouragé la création de grandes minoteries au détriment des petits moulins.

Cette dépendance à l'égard de procédés importés peut s'expliquer, notamment, par le manque d'informations techniques et socio-économiques sur les possibilités technologiques en matière de transformation des céréales. Ce défaut d'informations a été constaté dans d'autres secteurs de la transformation des produits alimentaires, telles que les huileries, les conserveries de fruits et de légumes, les conserveries de poisson, etc. Les services responsables de la planification et les organismes de développement industriel favorisent souvent les techniques de production à grande échelle, sur lesquelles ils peuvent facilement obtenir des informations auprès des fournisseurs d'équipement et des bureaux d'études, faute de disposer d'informations sur les techniques de production en petites unités, par ailleurs peu répandues. Cet état de fait a



incite le Bureau international du Travail à préparer, sur les technologies de transformation des produits alimentaires, une série de huit dossiers techniques destinés à être largement diffusés parmi les petits producteurs comme auprès des services de planification et des organismes de développement industriel qui ont un rôle important à jouer dans la promotion de ces technologies. Plusieurs de ces dossiers ont été publiés conjointement avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONU DI) ou le Programme des Nations Unies pour l'Environnement<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> La liste des dossiers est donnée devant.

Consacré à la production de farine de maïs, ce dossier présente un exemple type de choix d'une technologie dans le domaine de la transformation des produits alimentaires. Il traite de toute une série de facteurs qui déterminent le choix technologique: la valeur nutritive des diverses qualités de farine, l'implantation géographique des moulins, le transport de la céréale et des produits, la durée de conservation des divers types de farines, les incidences sur l'emploi des différentes techniques utilisées en meunerie, l'utilisation des devises pour l'importation d'équipement, l'organisation de la production dans les différents types de moulins, les effets d'enchaînement en amont et en aval, la commercialisation des farines, la réglementation concernant le prix de détail des farines, l'approvisionnement en maïs des divers types de moulins, etc. Il faut tenir compte simultanément de tous ces facteurs lorsqu'on évalue les incidences socio-économiques générales des différentes technologies employées en meunerie.

L'importance de cette évaluation explique que le chapitre 1 soit consacré entièrement à l'analyse approfondie de ces facteurs ainsi qu'à l'énoncé de directives générales sur les dispositions à prendre pour promouvoir des technologies appropriées de meunerie. Ce chapitre présente un intérêt particulier pour les services de planification et les organismes de développement industriel, puisqu'ils sont directement concernés par

**l'élaboration et l'application des mesures en question. Bien qu'il traite exclusivement de la production de farine de maïs, ce qui est dit vaut également pour d'autres types de céréales.**

**Les autres chapitres du dossier - les chapitres 2 à 6 - ont un caractère essentiellement technique et présentent un intérêt particulier pour les entreprises de meunerie. Ils contiennent des informations détaillées sur les principales opérations de production: préparation du grain, grenage, mouture.**

**Le dossier porte sur une gamme restreinte de produits, savoir la farine complète, produite par des moulins artisanaux ou des petites unités de mouture, et les farines partiellement ou entièrement dégermées, produites par des appareils à cylindres. Les chelles de production envisagées vont de 1 à 8 tonnes de maïs par journée de huit heures. Il s'agit de volumes de production caractéristiques des moulins artisanaux et des petites unités de mouture. Les informations fournies concernent surtout les techniques utilisées dans ces moulins. Les appareils à cylindres, dont la capacité dépasse 50 tonnes par journée de 24 heures, sont décrits succinctement à l'intention des entreprises qui envisageraient d'acquies ce type d'équipement, mais la description détaillée des grands appareils à cylindres sortirait du cadre du dossier; les lecteurs qui souhaiteraient avoir plus d'informations sur ce sujet sont invités à s'adresser aux fabricants et aux fournisseurs dont la liste est donnée à l'annexe II.**

**Le dossier ne traite pas non plus des techniques de mouture utilisées au niveau des mûrages puisqu'il s'adresse surtout, dans le secteur de la meunerie, aux exploitants de petites installations artisanales ou semi-industrielles qui souhaitent améliorer celles-ci ou aux personnes qui envisagent de créer de nouvelles unités de production.**

**Les chapitres 2 à 4 contiennent des informations et des croquis sur les machines de petite meunerie. Toutefois, ces croquis ne sont pas assez détaillés pour permettre des**

**ateliers locaux de fabriquer ce matériel. En outre, la plupart des machines décrites sont protégées par des brevets.**

**Les fabricants locaux devront donc obtenir une licence pour pouvoir, le cas échéant, fabriquer ou monter certaines machines. La liste donnée à l'annexe II n'étant pas exhaustive, le lecteur est invité à s'informer sur les équipements de meunerie auprès du plus grand nombre possible de fabricants et de fournisseurs. Il convient de rappeler que le BIT n'entend nullement recommander le matériel des fabricants dont il donne les noms et que la liste figurant à l'annexe II ne procède aucunement d'une sélection systématique.**

**Le chapitre 5 donne des indications générales concernant les infrastructures nécessaires au fonctionnement de divers types de moulins (par exemple les superficies) et les qualifications requises. Le chapitre 6 propose un cadre méthodologique pour l'estimation des coûts unitaires de production; il devrait permettre d'évaluer les différentes possibilités technologiques et de déterminer celle qui est la mieux adaptée aux conditions locales.**

**Un certain nombre de pays en développement fabriquent du petit matériel de mouture. A priori, tout pays devrait pouvoir produire rentablement son propre équipement pour autant que le marché indigène soit suffisamment important. Il existe une série de modèles dont il est possible de se procurer les plans gratuitement ou à peu de frais. Le seul élément qu'il faudra peut-être importer est le moteur (électrique ou diesel). La fabrication locale du matériel de mouture est intéressante à la fois pour les particuliers et pour la collectivité, car elle permet d'épargner des devises étrangères tout en créant des emplois (voir le chapitre 1).**

**Ce dossier ne décrit pas toutes les techniques de mouture qui existent. Il présente plutôt un choix parmi celles qui ont été appliquées avec succès par des petits producteurs dans divers pays en développement. D'autres techniques, non décrites ici, peuvent également**

♦tre adapt♦es aux conditions locales et exp♦riment♦es dans un petit nombre d'unit♦s de production quant ♦ leur efficacit♦ technique et ♦ leur rentabilit♦ ♦conomique. La bibliographie qui figure ♦ l'annexe IV donne des sources d'informations sur ces techniques.

Un questionnaire a ♦t♦ ajout♦ ♦ l'intention des lecteurs qui voudraient faire part au BIT ou ♦ l'ONUDI de leurs commentaires sur le contenu et l'utilit♦ du dossier; il en sera tenu compte dans la pr♦paration d'autres dossiers du m♦me genre.

Le dossier a ♦t♦ ♦labor♦ par J. Crabtree et G. Flynn, consultants travaillant pour le Tropical Products Institute du Royaume-Uni, et par M. Allal, fonctionnaire charg♦ de la s♦rie des dossiers techniques au Service de la technologie et de l'emploi du BIT. La version fran♦aise a ♦t♦ mise au point par Marcel Robert, consultant du BIT.

A.S. Bhalla,  
 Chef du Service de la technologie  
 et de l'emploi



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

-  **Production de Farine de Ma♦s ♦ Petite ♦chelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**
-  **(introduction...)**
-  **PREFACE**
-   **REMERCIEMENTS**
-  **CHAPITRE 1. LES ELEMENTS DU CHOIX TECHNOLOGIQUE DANS LA PRODUCTION DE FARINE DE MAIS**



- ☐ CHAPITRE 2. PREPARATION DU MAIS
- ☐ CHAPITRE 3. EGRENAGE
- ☐ CHAPITRE 4. TECHNIQUES DE MOUTURE DU MAIS
- ☐ CHAPITRE 5. ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET INFRASTRUCTURE NECESSAIRE
- ☐ CHAPITRE 6. METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES COUTS DE PRODUCTION
- ☐ ANNEXES
- 📄 QUELQUES PUBLICATIONS DU BIT
- 📄 COUVERTURE ARRIERE

## REMERCIEMENTS

La publication de ce dossier a été rendue possible grâce au concours financier de l'Office central suédois pour l'aide au développement international et celui du Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) qui en a financé l'impression. Le Bureau international du Travail et l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel expriment leur reconnaissance pour cette aide généreuse.

Ils remercient également les institutions qui ont autorisé la reproduction de certaines figures ainsi que les constructeurs qui leur ont fourni une documentation technique.

-----

Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) a été créé dans le cadre de la Convention de Lomé entre les Etats membres de la Communauté européenne et les Etats du groupe ACP (Afrique-Caraïbes-Pacifique).

**Il a pour mission d'offrir aux pays ACP un meilleur accès à l'information scientifique et technique, à la recherche, à la formation et aux innovations dans les domaines du développement agricole et rural et de la vulgarisation.**

**A ce titre, il réalise des études, organise des rencontres de spécialistes, réalise et encourage publications et traductions d'ouvrages et met à la disposition des pays ACP son service d'information.**



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



 **Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

 **CHAPITRE 1. LES ELEMENTS DU CHOIX TECHNOLOGIQUE DANS LA PRODUCTION DE FARINE DE MAIS**

 **(introduction...)**

 **1.1. La demande de farine de maïs: Caractéristiques des produits et de la consommation**

 **(introduction...)**

 **1.1.1. Eléments nutritifs des farines de maïs**

 **1.1.2. Durée de conservation des farines de maïs**

 **1.1.3. Préférences des consommateurs, prix de détail et circuits de distribution**

 **1.2. Approvisionnement en farine de maïs: Techniques de mouture et échelles de production**

 **1.3. Le choix de techniques de mouture et les objectifs de**

## développement

### (introduction...)

#### 1.3.1. Autonomie alimentaire

#### 1.3.2. Autonomie technologique

#### 1.3.3. Création d'emplois

#### 1.3.4. Transport du maïs et de la farine

#### 1.3.5. Fabrication des machines de mouture

#### 1.3.6. Economies de devises

#### 1.3.7. Industrialisation des régions rurales

#### 1.4. Critères et méthodes d'intervention gouvernementale

**Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

## **CHAPITRE 1. LES ELEMENTS DU CHOIX TECHNOLOGIQUE DANS LA PRODUCTION DE FARINE DE MAIS**

**Le choix d'une technologie pour la production de farine de maïs constitue un exemple type de choix technologique en matière de transformation des produits alimentaires. Il fait intervenir une série de critères, dont les critères classiques d'évaluation des options technologiques (salaires, frais d'amortissement, objectifs socio-économiques, etc.) ainsi que d'autres facteurs tels que le choix des produits, les frais de transport, l'approvisionnement en matières premières, etc. Il importe donc de décrire le cadre général du choix technologique pour faciliter l'évaluation des procédés décrits plus loin. Ce chapitre devrait présenter de l'intérêt à la fois pour les services de planification et pour les producteurs, dans la mesure où il prend en compte tant les objectifs socio-économiques que les facteurs qui influent sur la rentabilité privée des entreprises de meunerie.**

**La section 1.1 analyse la demande de divers types et qualités de farine et contient des suggestions pour orienter cette demande. La section 1.2 étudie la production de farine de maïs du point de vue des appareils de meunerie existants et des chelles de production. Quant à la section 1.3, elle fournit des informations sur les incidences socio-économiques des différentes technologies et donne des indications générales sur les dispositions à prendre pour encourager la consommation de certains produits et promouvoir des techniques de meunerie appropriées.**

### **1.1. La demande de farine de maïs: Caractéristiques des produits et de la consommation**

**On trouve dans les pays en développement trois principaux types de farine de maïs: la farine complète; la farine partiellement dégermée (dont on a retiré une partie du son et du germe), que l'on désigne aussi sous les noms de farine blutée, farine partiellement tamisée ou farine "cylindree" (roller meal, Zambie); la farine entièrement dégermée (dont on a retiré la plus grande partie du son et du germe) que l'on appelle aussi farine super fine. Chaque type de farine présente des différences de qualité selon la technique de mouture adoptée, la qualité du grain et l'addition de différentes vitamines.**

**La meunerie permet d'obtenir divers sous-produits: de petites quantités d'aliments pour la volaille (gros son), du fourrage pour le bétail et de l'huile de maïs par la transformation du germe éliminé du grain.**

#### **1.1.1. Éléments nutritifs des farines de maïs**

**Le maïs est un élément important du régime alimentaire des populations des pays en développement, en particulier en Afrique et en Amérique latine. Dans certains cas (au Malawi, par exemple), il peut représenter de 80 à 90 pour cent de la consommation totale en calories de la population rurale. Cependant, le maïs manque d'un certain nombre d'éléments nutritifs essentiels, et un régime alimentaire exagérément tributaire du maïs peut entraîner de graves maladies telle que la pellagre. Plusieurs pays ont donc**



♦t♦ conduits ♦ prendre des mesures pour enrichir les farines de ma♦s destin♦es ♦ la consommation humaine (addition de diverses vitamines, de farine de soja ou de farine d'arachide, par exemple).

Etant donn♦ la carence du ma♦s en divers ♦l♦ments nutritifs essentiels, il est paradoxal que certains pays en d♦veloppement aient permis, voire favoris♦, l'adoption de proc♦d♦s de mouture qui r♦duisent encore la teneur de la farine en ces ♦l♦ments aussi bien que la quantit♦ totale de farine propre ♦ la consommation humaine par tonne de ma♦s transform♦e. Les raisons en seront expos♦es plus loin, et des suggestions seront faites en vue d'encourager le choix de techniques mieux adapt♦es aux objectifs socio-♦conomiques ♦ atteindre. Au pr♦alable, il convient d'examiner les incidences des options technologiques en meunerie sur la valeur nutritive de la farine produite.

Le tableau 1 donne les teneurs estim♦es des principaux ♦l♦ments nutritifs contenus dans les trois types de farine de ma♦s consomm♦es dans les pays en d♦veloppement: la farine compl♦te, la farine partiellement d♦germ♦e et la farine d♦germ♦e. Alors que la valeur calorique est approximativement la m♦me pour ces trois types, la teneur en ♦l♦ments nutritifs importants est g♦n♦ralement beaucoup plus ♦lev♦e dans la farine compl♦te que dans les autres farines. Cela est particuli♦rement vrai pour le calcium, le fer, la niacine, la riboflavine et les lipides. La production des farines d♦germ♦es par les appareils de mouture ♦ cylindres supprime ♦galement deux types importants de prot♦ines (les globulines et les glut♦lines), n'♦pargnant que la z♦ine qui est une source plus pauvre de prot♦ides (Stewart, 1977). En outre, les farines d♦germ♦es enrichies sont, en g♦n♦ral, moins riches du point de vue nutritif que les farines compl♦tes.

**Tableau 1**

Teneur en ♦l♦ments nutritifs de diff♦rents types de farine de ma♦s

El♦ments	Farine	Farine partiellement	Farine enti♦rement
----------	--------	----------------------	--------------------

	<b>complète</b>	<b>dégermée</b>	<b>dégermée</b>
Eau (%)	12-13	12-13	12-13
Calories/100 g	353-356	360	363
Protéides (%)	9,3-9,5	9,3	7,9-8,4
Lipides (%)	3,8-4,5	variable (>2)	1,2-2,0
Glucides (%)	73,4	variable (>74)	78,4
Fibres (%)	1,9-3,0	0,7-1,0	0,6-0,7
Cendres (%)	1,3	n.a.	0,5
Calcium (mg/100 g)	7-17	6	5-6
Fer (mg/100 g)	2,3-4,2	1,8	1,1-1,2
Thiamine (mg/100 g)	0,3-0,45	0,35	0,14-1,18
Niacine (mg/100 g)	1,8-2,0	1,3	0,6-1,0
Riboflavine (mg/100 g)	0,11	0,09	0,08

**Note:** Les départs relevés d'une source l'autre peuvent avoir pour origine des différences dans la nature ou la qualité de la farine.

**Sources:** Schlage (1968); FAO (1953); FAO (1954); FAO (1968); Uhlig et Bhat (1979)

**Le tableau 2 fournit des estimations de la consommation quotidienne minimale de farine complète et de farine dégermée nécessaire pour couvrir les besoins d'un adulte en quatre éléments nutritifs essentiels: le fer, la thiamine, la riboflavine et la niacine. Il ressort du tableau que, si un adulte se nourrissait exclusivement de maïs, il devrait**

consommer de deux à sept fois plus de farine entièrement dégermée que de farine complète pour que ses besoins soient satisfaits. Il est évident que peu de personnes ont un régime alimentaire composé exclusivement de maïs, et les estimations fournies au tableau 2 ont un caractère purement théorique. Toutefois, comme on le montrera plus loin, la carence de la farine dégermée en un certain nombre d'éléments nutritifs essentiels pourrait affecter gravement le régime alimentaire des groupes de population à faible revenu dans les pays en développement.

**Tableau 2**

Consommation journalière minimale de farine complète et de farine dégermée

(Quantité de farine, évaluée en grammes, nécessaire pour fournir à un adulte la quantité de fer et de trois vitamines dont il a besoin)

Type de farine	Fer	Thiamine	Riboflavine	Niacine
Farine complète	233	357	1 076	1 066
Farine entièrement dégermée	424	2 500	4 670	2 670

Sources: FAO (1968); Harper (1974).

Les différentes techniques de mouture influent également sur le volume de l'approvisionnement en farine pour la consommation humaine. Le taux d'extraction des farines partiellement ou entièrement dégermées par tonne de maïs transformé est beaucoup plus faible que celui de la farine complète. Le tableau 3 montre que, pour la farine complète, il se situe entre 97 et 99 pour cent, alors qu'il n'est que de 80 à 96 pour cent et de 60 à 75 pour cent, respectivement, pour les autres types de farine. Quant au pourcentage des sous-produits, il peut atteindre jusqu'à 40 pour cent dans le cas de la farine dégermée, alors qu'il n'exécède généralement pas 3 pour cent pour la farine complète. Ces sous-produits sont utilisés soit pour l'alimentation animale, soit pour

**l'extraction d'huile. La production de farine partiellement ou entièrement dégermée peut donc avoir d'importantes répercussions sur la consommation des groupes de population à faible revenu, ainsi qu'on va le voir.**

**En premier lieu, d'un point de vue purement quantitatif et compte tenu des taux d'extraction que l'on vient de mentionner, une bonne partie du maïs cultivé ne pourrait servir directement à la consommation humaine si, par exemple, on s'en servait pour produire de la farine entièrement dégermée au lieu de farine complète. Dans le cas de la farine partiellement dégermée, la part correspondante serait moins élevée. Les taux d'extraction inférieurs obtenus avec les farines dégermées ne devraient guère avoir de conséquences pour les pays dont la production de maïs est nettement excédentaire (permettant ainsi, par exemple, l'exportation de maïs-grain, l'extraction d'huile ou l'alimentation des animaux). Par contre, les pays qui ne cultivent pas suffisamment de maïs pour satisfaire entièrement les besoins de leur population pourraient être confrontés à une grave pénurie de farine de maïs s'ils produisaient de la farine dégermée plutôt que de la farine complète. S'ils ne compensent pas cette pénurie en important du maïs ou d'autres céréales, les groupes de population à faible revenu devront, en l'absence d'un contrôle des prix, payer le maïs plus cher ou réduire leur consommation. Dans l'un et l'autre cas, ils pâtiraient de la diminution de l'offre de farine de maïs due aux faibles taux d'extraction des moulins qui produisent de la farine dégermée.**

**Tableau 3**  
**Taux d'extraction pour 100 kg de maïs**  
**(en pour-cent)**

Type de farine	Farine destinée à la consommation humaine	Sous-produits pour l'alimentation animale ou l'extraction d'huile
Farine complète	97-99	1-3

Farine partiellement d'germe	80-96	4-20
Farine entièrement d'germe	60-75	25-40

**Sources: Stewart (1977); Uhlig et Bhat (1979).**

**Par ailleurs, l'utilisation de sous-produits (son et germe) pour l'alimentation animale (bétail et volaille, par exemple) ne compense pas entièrement les faibles taux d'extraction de la farine entièrement d'germe. Lorsque ces sous-produits sont destinés à accroître la production de viande, leur valeur nutritive ne dépasse généralement pas 10 pour cent de celle du son et du germe; en d'autres termes la conversion du son et du germe en viande entraînerait une perte de 90 pour cent de la valeur nutritive de ces deux sous-produits. En outre, il est fort peu probable que les groupes de population à faible revenu puissent se permettre d'acheter la viande ainsi produite pour améliorer leur alimentation quotidienne.**

**Enfin, il convient de relever que les sous-produits de la mouture du maïs sont commercialisés sur place ou exportés pour l'alimentation animale et que peu de pays en développement possèdent des installations pour l'extraction de l'huile. En tout état de cause, l'extraction d'huile à partir de ces sous-produits ne justifie pas la production de farine d'germe. Il faut tenir compte de deux facteurs importants avant de décider d'investir dans une usine d'extraction d'huile de maïs et déterminer:**

- 1) si l'on est assuré de disposer d'une quantité de sous-produits suffisamment importante et régulière pour pouvoir exploiter de manière continue la capacité de production de l'usine et, en conséquence, pratiquer pour l'huile des prix de détail concurrentiels (non subventionnés);**

**2) s'il ne serait pas préférable de recourir à une autre matière première que le maïs pour produire de l'huile, étant donné l'importance de cette céréale pour la consommation humaine.**

**Il ressort, de l'analyse faite plus haut de la valeur nutritive des trois types de farine de maïs, qu'il vaut mieux, des points de vue qualitatif et quantitatif et si l'on fait de la satisfaction des besoins essentiels des groupes de population à faible revenu un objectif important du développement, produire de la farine complète plutôt que de la farine dégermée. Toutefois, d'autres facteurs peuvent intervenir, comme on va le voir.**

### **1.1.2. Durée de conservation des farines de maïs**

**La durée de conservation est un élément important dont il faut tenir compte dans la commercialisation du maïs. L'une des raisons que l'on invoque en faveur de la production de farine entièrement dégermée (et, dans une moindre mesure, de farine partiellement dégermée) est que sa durée de conservation est sensiblement supérieure à celle de la farine complète. Aussi, lorsque la chaîne de distribution exige une longue durée de conservation du produit (lorsque la farine doit être transportée sur de longues distances ou lorsque les grossistes et les détaillants doivent la stocker longtemps, par exemple), la seule solution consiste à produire de la farine dégermée, étant donné que la farine complète rancit rapidement en raison de sa teneur plus élevée en lipides (3 à 4 pour cent environ, contre 1 à 2 pour cent pour la farine dégermée). Cet argument ne fait toutefois pas l'unanimité parmi les meuniers et les détaillants de farine de maïs des pays en développement. Nous allons examiner brièvement divers aspects de la question.**

#### **Estimation des durées de conservation**

**La durée de conservation des farines de maïs dépend de leur teneur en lipides, du degré d'humidité du grain, de la présence d'agents contaminants et des conditions de stockage (matériau de conditionnement, température et degré hygrométrique ambiants,**

**notamment). L'influence de ces facteurs sur la durée de conservation de la farine de maïs n'a pas encore fait l'objet d'études systématiques, et l'on ne peut par conséquent imputer totalement les différences relevées dans les durées de conservation et la teneur en lipides. Ces différences peuvent sans doute s'expliquer, dans une certaine mesure, par les conditions prévalant et la mouture dans les appareils et cylindres produisant de la farine entièrement dégermée et dans les broyeurs et marteaux ou meules produisant de la farine complète (teneur en eau du maïs, présence d'agents contaminants, par exemple). Les estimations très divergentes de la durée de conservation que l'on trouve dans différentes publications peuvent s'expliquer par les variations importantes relevées dans les facteurs mentionnés ci-dessus, d'un pays à l'autre ou d'une unité de transformation à l'autre. Voici quelques estimations relatives à la durée de conservation des farines de maïs:**

- 4-6 semaines pour la farine complète stockée dans des conditions humides et chaudes, contre deux ans au maximum pour la farine entièrement dégermée stockée dans des conditions soigneusement contrôlées (Uhlig et Bhat, 1979);**
- 2-3 jours pour la farine complète, contre une durée de conservation beaucoup plus grande pour les farines dégermées (Stewart, 1977);**
- 4-8 semaines pour la farine complète, contre 6 mois pour les farines dégermées. Toutefois, les climats humides ou chauds ne permettent d'entreposer longtemps aucune farine (PECTA, 1981).**

**L'étude du PECTA (1981) contient également des estimations fournies par des meuniers du Kenya et de la Zambie:**

- la farine dégermée peut être conservée jusqu'à 3 mois en atmosphère faiblement humide, alors qu'une farine complète à 5 pour cent de lipides ne se conservera que 3 semaines (un meunier du Kenya);**

- les caractéristiques de stockage sont presque les mêmes pour tous les types de farine, les durées de conservation étant réduites à 2 semaines durant la saison des pluies (le directeur d'une grande minoterie de Zambie);
- il existe peu de différence entre les durées d'entreposage de la farine d'germée et de la farine complète (un petit meunier du Kenya).

Il ressort des avis ci-dessus que la question appelle un nouvel examen de la part des spécialistes en technologie alimentaire des pays en développement afin de déterminer l'ampleur et les raisons des différences constatées et de voir s'il est possible, grâce à de meilleures conditions de meunerie (utilisation d'un maïs suffisamment sec, bonnes conditions de stockage, notamment), de réduire l'écart qui sépare les durées de conservation de la farine complète et de la farine germée.

### Intérêt d'une augmentation de la durée de conservation des farines de maïs

Si l'on est généralement d'accord pour admettre que la farine germée se conserve plus longtemps que la farine complète, on ne l'est plus dès qu'il s'agit d'évaluer l'importance et la signification qui s'attachent aux différences constatées dans leurs durées de conservation respectives. D'aucuns avancent que les consommateurs des régions rurales, en particulier dans les régions maïsicoles, font moudre leur maïs au fur et à mesure de leurs besoins et ne conservent généralement pas la farine complète au-delà d'une semaine. On fait par ailleurs remarquer que c'est surtout dans les grandes agglomérations urbaines que la farine doit pouvoir être stockée pendant de longues périodes; il faut en effet constituer des stocks importants pour assurer l'approvisionnement régulier des détaillants. On peut aussi avoir besoin de farine germée lorsqu'il faut ravitailler des régions non maïsicoles du pays situées à de grandes distances.

Les arguments invoqués à l'appui de durées de conservation différentes pour la farine



**dégermée et la farine complète devront peut-être être révisés. En premier lieu, de la farine complète peut fort bien être produite par de petits moulins industriels dans des zones urbaines, pour autant qu'ils soient approvisionnés régulièrement par un office national de commercialisation du maïs, par exemple. Cette farine pourrait, ainsi, être produite et vendue au détail de manière à réduire au minimum sa durée de stockage et à éviter son rancissement. La farine complète serait, dans ce cas, commercialisée comme une denrée alimentaire périssable, tout en ayant une durée de conservation supérieure à celle de la viande ou du lait, par exemple. En second lieu, rien ne s'oppose à l'implantation de moulins artisanaux ou de petits moulins industriels dans les régions du pays qui ne produisent pas de maïs, pour autant que le transport du maïs grené puisse être assuré de façon régulière. Toutefois, il faut insister sur le fait qu'un stockage prolongé de maïs grené destiné à être transformé par de petits moulins artisanaux ou industriels requiert un bon séchage (la teneur en eau ne doit pas excéder 12 à 13 pour cent), un stockage convenable et des moyens de transport adéquats.**

### **1.1.3. Préférences des consommateurs, prix de détail et circuits de distribution**

Trois facteurs importants déterminent la demande en farine, complète ou dégermée: les goûts des consommateurs, les prix de détail pratiqués pour les différents types de farine et les circuits de distribution. Nous les examinerons brièvement sur la base des indications fournies par quelques pays en développement, plus particulièrement en Afrique.

#### **Préférences des consommateurs**

On prétend que si les consommateurs des pays en développement aient le choix, ils achèteraient de la farine dégermée plutôt que de la farine complète, et ceci pour diverses raisons: meilleur aspect de la farine dégermée (plus blanche et plus fine), utilisation plus facile en cuisine (la farine complète cuit plus lentement et consomme donc

plus d'énergie), etc. Les consommateurs ne semblent pas se soucier, probablement par manque d'information, de la valeur nutritive inférieure de la farine d'germée. Toutefois, ces arguments ne sont pas valables dans tous les cas. Dans certains pays (en Somalie, par exemple, selon le rapport PECTA, 1981), la population urbaine préfère la farine complète. Les grands établissements, tels que les hôpitaux, préfèrent, eux aussi, d'ordinaire, la farine complète, plus nutritive. Les données dont on dispose sur ce sujet sont cependant limitées, et les pays en développement auraient tout intérêt à étudier les préférences des consommateurs pour les divers types de farine de maïs.

Dans certaines agglomérations urbaines (au Kenya, par exemple), la nette préférence marquée pour la farine d'germée peut s'expliquer par un certain nombre de raisons, aussi bien objectives que subjectives. Parmi les raisons objectives, on peut ranger son aspect plus engageant, ses meilleures propriétés de cuisson ainsi que la possibilité de l'acheter, conditionnée en petites quantités, dans les magasins d'alimentation du quartier. Du fait que la farine d'germée est consommée assez rapidement, sa durée de conservation apparemment plus longue ne semble pas influencer sur le choix des consommateurs des villes.

Le principal facteur subjectif de cette préférence est la publicité. Il ressort des indications recueillies dans un certain nombre de pays africains (le Kenya, par exemple) que de grandes minoteries (dont certaines sont étrangères) consacrent un budget important à de vastes campagnes publicitaires dans les zones urbaines. C'est ainsi qu'au Kenya, les coûts de commercialisation peuvent représenter un tiers des coûts de production; on prétend même que le marché de la farine d'germée aurait été créé artificiellement par les grandes minoteries à cylindres (Stewart, 1977).

### Prix de détail

Selon les données dont on dispose, le prix de détail de la farine d'germée est en

**général plus élevé que celui de la farine complète; l'écart varie d'un pays à l'autre et d'un marché à l'autre. Cela ne signifie nullement que le coût réel de production de la farine dégermée est nécessairement supérieur à celui de la farine complète. Les différences relevées dans les prix de détail peuvent s'expliquer comme suit:**

**- les faibles taux d'extraction des appareils de mouture à cylindres qui produisent la farine dégermée (par tonne de maïs grené, ils produisent moins de farine dégermée que de farine complète). Ces rendements peu élevés et les volumes plus importants de matières premières qui en résultent ne sont pas compensés par la vente des sous-produits (germes et son), dont le prix unitaire est en général inférieur à celui de la farine complète;**

**- les coûts d'emballage élevés de la farine dégermée (en sacs de papier de 1 ou 2 kg), alors que la farine complète ne nécessite que peu ou pas d'emballage. Les petits moulins à façon (situés d'ordinaire en zone rurale) n'emballent pas la farine (les clients apportant leur propres récipients), alors que les petits moulins industriels utilisent des emballages peu coûteux;**

**- les moulins à cylindres coulent leur production par l'intermédiaire de commerçants qui doivent ajouter leurs coûts d'exploitation et leur marge de bénéfice au prix des produits à la sortie du moulin;**

**- les coûts élevés de la publicité en faveur de la farine dégermée;**

**- les coûts de transport liés à la production et à la distribution de la farine dégermée, supérieurs en général à ceux de la farine complète. Le maïs et la farine dégermée doivent être transportés le plus souvent sur de longues distances, alors que les moulins artisanaux qui produisent de la farine complète sont situés à proximité des régions maïsicoles et des consommateurs et ont, de ce fait, des coûts de transport réduits.**

**Les prix de détail relativement élevés de la farine dégermée en limitent la consommation et la population urbaine à revenu moyen ou élevé. Ce n'est que dans de rares cas que les subventions gouvernementales et le contrôle des prix ont pu mettre le prix de détail de la farine dégermée à la portée des groupes à bas revenu.**

**En règle générale, une hausse des prix de détail de la farine dégermée n'entraîne pas d'accroissement de la demande en farine complète par les populations à revenu moyen ou élevé. Elle peut, cependant, entraîner une augmentation de la demande de riz glissé ou d'autres farines (la farine de blé, par exemple) de qualité équivalente, lorsqu'il est possible de se procurer ces denrées sur place. Par contre, la hausse des prix de détail de la farine complète entraîne, en général, une augmentation de la demande d'autres farines de qualité égale (mil et sorgho, en particulier) de la part des populations à faible revenu. Bien que l'on ne dispose pas d'indications précises sur ces fluctuations de la demande, il convient d'en tenir compte chaque fois que des mesures gouvernementales peuvent conduire à une hausse du prix de détail de la farine dégermée ou à une réduction de ses possibilités d'approvisionnement.**

### **Répartition géographique de la demande de farine dégermée et de farine complète**

**Les régions rurales, on l'a vu, consomment presque exclusivement de la farine complète, surtout si elles sont maïsicoles. Cette farine est produite soit dans le cadre familial (au moyen d'un pilon et mortier ou d'un moulin à bras), soit par des moulins à façon (contre paiement en nature ou en espèces). Le recours aux moulins à façon ne s'est pas encore généralisé; toutefois, un nombre croissant de femmes des régions rurales souhaitent abandonner le travail fastidieux de la mouture manuelle pour se consacrer à d'autres activités plus rémunératrices.**

**Dans les régions maïsicoles, il est peu probable que la demande de farine dégermée augmente sensiblement dans un avenir proche. Le prix de détail de la farine dégermée**

**sera toujours plus levée que celui de la farine complète. Par contre, on trouvera parfois de la farine dégermée dans les régions rurales non maïsicoles, en l'absence en particulier d'autres céréales. Dans certains cas, la farine dégermée est offerte à des prix subventionnés, ce qui permet aux groupes à faible revenu d'en acheter.**

**La situation est différente dans les zones urbaines qui consomment à la fois de la farine complète et de la farine dégermée. La farine complète est souvent produite par de petits moulins industriels (par des broyeurs à marteaux, par exemple) qui constituent des stocks de matières premières aussi bien que de farine. Ces moulins vendent leur production directement ou par le canal de détaillants. De leur côté, les zones rurales avoisinantes produisent également de la farine complète qui est mise en vente sur les marchés urbains. En général, la farine complète que l'on trouve dans les agglomérations urbaines est consommée par les groupes à faible revenu.**

**Dans la plupart des cas, la farine dégermée est produite par de grands appareils à cylindres situés en zone urbaine ou, si possible, à proximité des régions maïsicoles; elle est vendue dans les centres urbains, principalement par des commerçants, et consommée par les groupes de population à revenu moyen ou élevé. Les groupes à faible revenu consomment peu de farine dégermée, car son prix relativement élevé la place dans la catégorie des produits de luxe.**

## **1.2. Approvisionnement en farine de maïs: Techniques de mouture et échelles de production**

**Les pays en développement pratiquent cinq techniques de mouture:**

- 1) la technique du mortier et du pilon, utilisée dans les ménages. La production horaire varie d'une personne à l'autre mais n'excède que rarement 5 kg/h;**
- 2) les moulins à bras, équipés de disques ou de meules et utilisés par des**

moulinages ou des groupes de familles. Le matériel existant permet d'atteindre une production comprise entre 7 et 30 kg/h. La figure 1 montre un moulin de ce type fabriqué au Kenya;

3) les moulins à meules de pierre actionnés par l'eau, que l'on trouve surtout dans les régions rurales de plusieurs pays africains. Leur production, relativement faible, se situe entre 20 et 30 kg/h selon le débit liquide. Ces moulins fonctionnent en général à la demande;

4) les broyeurs à marteaux et les moulins à meules de pierre entraînés par un moteur diesel ou électrique, exploités à la demande ou de façon industrielle pour la production de farine complète. La capacité nominale de ces machines varie de 100 à 1100 kg/h. Ce rythme de production ne peut toutefois être soutenu sur de longues périodes, la production effective variant d'ordinaire entre 200 et 3000 kg par journée de 8 h;

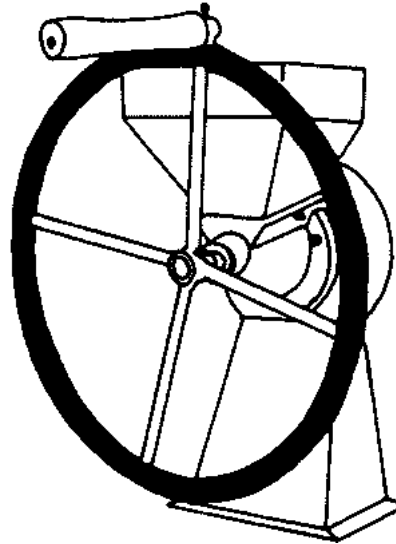
5) les appareils à cylindres, qui produisent des farines partiellement ou totalement dégermées et qui sont implantés d'ordinaire dans les villes. Leur production va de 1 à 12 t/h selon la taille du moulin, le nombre des postes de travail et le temps consacré à l'entretien et aux réparations. La production effective des appareils à cylindres est en général inférieure dans les pays en développement à ce qu'elle est dans les pays industrialisés, où le seuil de rentabilité se situe entre 250 et 300 t/journée de 3 postes. Comparativement, une production de 120 à 150 t/journée de 3 postes est déjà importante pour un pays en développement.

Un nombre croissant de pays en développement fabriquent des moulins à bras, des moulins à meules de pierre actionnés par l'eau et de petits broyeurs à marteaux (c'est le cas de l'Inde, du Kenya et de la République-Unie de Tanzanie, par exemple). Les appareils à cylindres sont, pour la plupart, fabriqués dans les pays industrialisés, l'Inde étant l'un

**des rares pays en développement qui produisent de petits moulins de ce type.**

**Les caractéristiques des appareils de mouture à cylindres ne diffèrent pas beaucoup d'un fabricant à l'autre; les principales différences ont trait aux opérations connexes tels que l'alimentation des machines et le conditionnement. Il semblerait, d'après les études de rentabilité effectuées au Kenya par Uhlig et Bhat (1979), que les méthodes manuelles ou semi-automatiques d'alimentation et de conditionnement sont plus indiquées dans les pays en développement que les procédés entièrement automatisés, et cela en raison des salaires relativement bas qui y sont pratiqués.**

**Pour ce qui est des broyeurs à marteaux, un certain nombre d'études (Uhlig et Bhat (1979), Stewart (1977), PECTA (1981)) ont montré que l'équipement utilisé dans les pays en développement peut être amélioré afin d'accroître la productivité et de réduire les coûts d'entretien. C'est ainsi que ces appareils peuvent être équipés d'aimants permanents pour extraire les fragments de métal qui pourraient se trouver dans le grain et éviter qu'ils n'endommagent la grille. Les marteaux utilisés dans certains broyeurs peuvent également être modifiés pour améliorer la qualité de la farine et le rendement de la machine. Certains broyeurs à marteaux fabriqués dans les pays en développement sont équipés de marteaux fixes qui ne sont pas aussi efficaces que les marteaux mobiles (Kaplinsky, 1980).**



**Figure 1. Moulin Dunia actionné à la main**

Ce petit moulin actionné à la main a été conçu en Afrique pour le broyage du maïs et d'autres céréales vivrières. Il est fait d'éléments d'acier soudés. Le couvercle antérieur peut être retiré des fins de nettoyage et d'inspection en dévissant trois écrous oreilles.

**Constructeur: Ndume Products Ltd (Kenya)**

**Source: ITDG (1985)**

**Le taux d'utilisation des broyeurs à marteaux et des appareils à cylindres varie d'un pays**



◆ l'autre. En g◆n◆ral, celui des broyeurs ◆ marteaux est ◆lev◆, car ils sont d'un emploi assez souple et peuvent ◆tre utilis◆s, sous r◆serve de quelques r◆glages, pour la mouture d'un certain nombre d'autres c◆r◆ales, ce qui permet de les exploiter en dehors de la saison du ma◆s. Par contre, les appareils ◆ cylindres sont utilis◆s exclusivement pour la transformation d'une seule c◆r◆ale (le ma◆s, par exemple); ils exigent des stocks importants de mati◆res premi◆res pour pouvoir fonctionner de mani◆re continue. L'insuffisance des stocks explique souvent le faible taux d'utilisation des appareils ◆ cylindres; elle a, parfois, suscit◆ l'intervention des pouvoirs publics pour assurer un approvisionnement suffisant. Selon un rapport du PECTA (1981), le gouvernement d'un pays d'Afrique a pris des mesures pour assurer, en priorit◆, l'approvisionnement en ma◆s d'un moulin public ◆ cylindres, et cela au d◆triment des petits broyeurs ◆ marteaux.

Si le taux d'utilisation des broyeurs ◆ marteaux est relativement ◆lev◆ dans les r◆gions rurales, il semblerait, par contre (PECTA, 1981), que certaines petites installations urbaines p◆tissent de la concurrence des appareils ◆ cylindres dans les r◆gions o◆ la pr◆f◆rence des consommateurs va d◆sormais ◆ la farine d◆germ◆e. Les incidences de cette situation sur la rentabilit◆ des petites installations urbaines ne sont toutefois pas connues avec pr◆cision.

### 1.3. Le choix de techniques de mouture et les objectifs de d◆veloppement

Les deux sections pr◆c◆dentes proposaient une ◆valuation globale de la demande et de l'offre de diff◆rents types de farine de ma◆s dans les pays en d◆veloppement. Les caract◆ristiques actuelles de la demande et de l'offre, on l'a vu, peuvent ◆tre am◆lior◆es dans l'int◆r◆t des consommateurs comme dans celui des producteurs. En outre, comme n'importe quel autre secteur productif, la production de la farine de ma◆s peut ◆tre organis◆e de mani◆re ◆ contribuer ◆ la r◆alisation des objectifs socio-◆conomiques nationaux. Nous tenterons, dans cette perspective, de formuler ici certains principes g◆n◆raux pour la recherche et l'adoption de techniques r◆pondant aux objectifs de

**développement visés. Ces principes s'appliquent spécifiquement à la mouture du maïs mais ils sont aussi valables, avec les adaptations nécessaires, pour la transformation d'autres céréales alimentaires.**

**Les objectifs de développement varient, d'un pays à l'autre, en fonction de la situation socio-économique. Le choix des techniques de mouture de maïs dépend, lui aussi, de cette situation. Les plans actuels de développement et les données dont on dispose permettent néanmoins de penser que les objectifs ci-après - dans la mesure où ils sont liés à la production et à la consommation de farine de maïs - sont partagés par la majorité des pays en développement.**

### **1.3.1. Autonomie alimentaire**

**L'alimentation figure en bonne place parmi les besoins de la population. Les efforts des pays en développement visent donc tout particulièrement à étendre la production locale de denrées alimentaires, en faveur avant tout des groupes de population à faible revenu. Compte tenu de leur pouvoir d'achat relativement limité, il faudrait produire, en priorité, des aliments bon marché à forte valeur nutritive et prendre en considération les goûts des consommateurs. Si certaines couches de la population (celles qui ont un revenu supérieur à la moyenne et les habitants des villes, notamment) recherchent des produits alimentaires d'un type différent (de la farine dégermée au lieu de farine complète, par exemple), le gouvernement pourra satisfaire leur demande par une production locale limitée ou par des importations. Dans le cas du maïs, il paraît justifié d'encourager la production et la commercialisation de la farine complète plutôt que celles de la farine dégermée, si l'on songe à la valeur nutritive plus élevée et au coût plus bas de la farine complète. La demande de farine dégermée pourra être satisfaite par une production limitée des moulins locaux à cylindres, pour autant que celle-ci ne compromette pas la production de farine complète.**

### 1.3.2. Autonomie technologique

De nombreux pays en développement ont également pour objectif la recherche de leur autonomie technologique, afin de réduire l'importation onéreuse de procédés et de matériels et d'encourager la production sur place de biens de consommation et d'équipement adaptés aux besoins et aux us et coutumes locaux. Dans le cas du maïs, l'accès à l'autonomie technologique passe, pour la plupart des pays en développement, par une utilisation beaucoup plus large des broyeurs à marteaux et des moulins à bras. Les appareils à cylindres doivent en effet être importés dans la majorité des cas, l'Inde étant l'un des rares pays qui maîtrise cette technique.

### 1.3.3. Création d'emplois

La création d'emplois est l'un des objectifs les plus importants du développement. C'est sur lui que plusieurs pays en développement ont concentré leurs efforts et leurs ressources, en mettant spécialement l'accent sur la promotion de l'emploi rural.

Dans le cas du maïs, on peut considérer, dans l'optique de la création d'emplois, les éléments ci-après :

- le nombre total des emplois directement créés par chaque unité de production;
- le montant de l'investissement pour chaque emploi créé; ce critère revêt une importance primordiale pour les pays qui manquent cruellement de capitaux locaux et de devises;
- les besoins en personnel qualifié par unité de production; ce facteur, lui aussi, est très important, vu que la pénurie de main-d'oeuvre qualifiée nécessite la mise en oeuvre de programmes de formation prolongés et dispendieux;

- les effets indirects sur l'emploi, tels que ceux liés à la fabrication et à l'entretien du matériel de mouture, au transport du maïs et de la farine, à la production d'emballages, etc.;
- les économies de devises;
- l'industrialisation des régions rurales.

Ces facteurs seront analysés successivement en relation avec les diverses techniques de mouture du maïs.

#### Nombre total des emplois directement créés par chaque unité de production

Les études dont on dispose ne permettent pas d'aboutir à des estimations fiables sur les incidences des différentes technologies sur l'emploi. Le tableau 4 fournit des indications quant à la production par heure de travail (Stewart (1977); PECTA (1981)).

**Tableau 4**

**Production obtenue par différentes techniques de mouture (tonnes/heure de travail)**

Technique	Stewart (1977)	PECTA (1981)
Moulins à actionnés meules de pierre par l'eau	0,018	
Broyeurs à marteaux	0,198 - 0,225	0,041 - 0,062
Appareils à cylindres	0,153	0,040 - 0,093

Le tableau 4 montre que la production par heure de travail des broyeurs à marteaux est, selon la source que l'on consulte, supérieure ou inférieure à celle des appareils à cylindres. La divergence entre les chiffres de Stewart et ceux du PECTA s'explique sans doute par les différences dans les échelles de production, les taux d'utilisation des

## installations ou leur degré d'automatisation.

Le fait que les broyeurs à marteaux ne nécessitent pas beaucoup plus de main-d'oeuvre que les appareils à cylindres n'est pas vraiment surprenant, et cela pour plusieurs raisons. La technologie des appareils à cylindres fait intervenir un certain nombre d'opérations que l'on ne rencontre généralement pas dans les broyeurs à marteaux (nettoyage du grain, dégermage et conditionnement, notamment). En second lieu, les appareils à cylindres d'une certaine importance exigent un personnel d'encadrement et de maintenance beaucoup plus nombreux que les broyeurs à marteaux, surtout lorsque ceux-ci travaillent à la demande. On peut donc conclure, sur la base des informations dont on dispose, que le critère de l'emploi direct ne joue pas en faveur d'une technologie particulière de mouture, si ce n'est en faveur des moulins à meules de pierre actionnés par l'eau dont la production horaire est particulièrement faible (0,018 t/heure de travail). Toutefois, comme on le verra plus loin, le critère de l'emploi indirect joue en faveur de l'utilisation de broyeurs à marteaux.

### Montant de l'investissement pour chaque emploi créé

Comme on peut s'y attendre, ce critère est largement favorable aux broyeurs à marteaux. Le tableau 5 fournit des estimations de l'investissement par travailleur requis pour un broyeur à marteaux et pour un appareil à cylindres.

**Tableau 5**  
Investissement par travailleur

Technique	Stewart (1977) (shillings d'Afrique orientale)	PECTA (1981) (shillings tanzaniens)
Broyeurs à marteaux	8 350 - 12 830 <sup>a</sup>	30 800 - 38 350 <sup>b</sup>

Appareils $\diamond$ cylindres	41 380 <sup>a</sup>	131 740 - 214 425 <sup>C</sup>
--------------------------------	---------------------	--------------------------------

- a Avec une  $\diamond$  quipe**
- b Avec deux  $\diamond$  quipes**
- c Avec trois  $\diamond$  quipes**

**Il ressort de ce tableau que le montant de l'investissement par travailleur est, selon la source, que l'on consulte, trois  $\diamond$  sept fois plus important pour les appareils  $\diamond$  cylindres que pour les broyeurs  $\diamond$  marteaux. En outre, les estimations du tableau ne tiennent pas compte du fonds de roulement, bien plus  $\diamond$  lev $\diamond$  dans le cas des appareils  $\diamond$  cylindres.**

**On peut donc affirmer que la promotion des broyeurs  $\diamond$  marteaux serait b $\diamond$ n $\diamond$ fique pour les pays en d $\diamond$ veloppement qui manquent de capitaux mais souhaitent encourager l'emploi.**

### **Besoins en personnel qualifi $\diamond$**

**La marche des broyeurs  $\diamond$  marteaux exige beaucoup moins de personnel qualifi $\diamond$  que celle des appareils  $\diamond$  cylindres. Deux  $\diamond$  trois semaines de formation sur le tas suffisent d'ordinaire pour assimiler le fonctionnement des broyeurs, la main-d'oeuvre qualifi $\diamond$ e  $\diamond$ tant essentiellement requise pour leur maintenance. Par contre, 30  $\diamond$  50 pour cent des travailleurs affect $\diamond$ s aux appareils  $\diamond$  cylindres sont des travailleurs qualifi $\diamond$ s (voir par exemple PECTA, 1981). Avec les broyeurs  $\diamond$  marteaux, il ne devrait pas  $\diamond$ tre n $\diamond$ cessaire de faire appel  $\diamond$  du personnel  $\diamond$ tranger, forc $\diamond$ ment dispendieux.**

#### **1.3.4. Transport du ma $\diamond$ s et de la farine**

**Lorsque la production se fait dans de grands appareils  $\diamond$  cylindres, le ma $\diamond$ s et la farine produite doivent en g $\diamond$ n $\diamond$ ral  $\diamond$ tre transport $\diamond$ s sur de longues distances. En effet, ces**

appareils sont souvent situés dans des agglomérations urbaines où les ressources nécessaires (l'énergie, par exemple) sont relativement abondantes et où la main-d'œuvre qualifiée est suffisamment importante. Le maïs provient d'ordinaire des régions montagneuses éloignées. Par ailleurs, étant donné que la farine produite est commercialisée dans les principales agglomérations du pays, elle doit, elle aussi, être transportée sur de grandes distances. Par contre, la farine complète de maïs est souvent produite en proximité des régions productrices, ce qui réduit les trajets. Ainsi, le maïs transformé dans les moulins artisanaux est souvent transporté sur de courtes distances par des personnes à pied ou par des charrettes tirées par des animaux. Ce n'est que lorsque les broyeurs à marteaux sont situés dans des régions qui ne produisent pas de maïs, ou encore dans des centres urbains où ils sont exploités de manière industrielle, que de longs transports de grain s'imposent.

On pourrait être amené à conclure que les emplois créés dans le secteur du transport seront sensiblement plus nombreux lorsque la mouture du maïs s'effectue dans de grands appareils à cylindres plutôt que dans de petits broyeurs à marteaux. Toutefois, si l'on tient compte du prix élevé des carburants et du matériel de transport (que la plupart des pays en développement devraient importer au détriment d'autres biens essentiels), on conclura qu'il n'est pas forcément justifié de penser que les transports de maïs et de farine sont le meilleur moyen de créer des emplois.

### 1.3.5. Fabrication des machines de mouture

La grande majorité des pays en développement ne fabriquent pas d'appareils à cylindres; les pays de petite ou moyenne importance n'en fabriqueront sans doute jamais puisque la demande est insuffisante pour justifier la création d'une unité de production. Par contre, un nombre croissant de pays en développement fabriquent aujourd'hui des broyeurs à marteaux de divers types, et aucune raison technique ou économique ne s'oppose, a priori, à la production de ces machines par la plupart des pays. La production de broyeurs

◆ marteaux devrait entra◆ner la cr◆ation de nombreux emplois indirects li◆s ◆ la production des pi◆ces entrant dans leur construction. On ne peut en dire autant des appareils ◆ cylindres. Il convient cependant de rappeler que les broyeurs ◆ marteaux sont entra◆n◆s le plus souvent par des moteurs diesels ou ◆lectriques que la plupart des pays en d◆veloppement sont encore contraints d'importer.

On ne dispose pas, en g◆n◆ral, d'estimations relatives aux emplois cr◆◆s par la fabrication locale de broyeurs ◆ marteaux ou de moulins ◆ meules de pierre. Selon une ◆tude du PECTA (1981), 10 ouvriers peuvent produire par an jusqu'◆ 100 machines de ces types (fonctionnant avec des moteurs import◆s); un ouvrier ◆ plein temps peut entretenir et r◆parer 30 broyeurs ◆ marteaux. Etant donn◆ que l'on compte, en moyenne, un broyeur ◆ marteaux ou un moulin ◆ meules de pierre pour 1 000 habitants et que 10 pour cent des machines doivent ◆tre remplac◆es chaque ann◆e, leur fabrication, leur maintenance et leur r◆paration pourraient ◆tre une source d'emplois importante.

Des effets en amont ou en aval peuvent ◆galement ◆tre g◆n◆rateurs d'emplois indirects (production d'emballages, commercialisation, etc.). Leurs effets sont toutefois d'importance mineure et ne devraient pas affecter v◆ritablement le choix technologique.

### 1.3.6. Economies de devises

L'utilisation de broyeurs ◆ marteaux ou de moulins ◆ meules de pierre, en lieu et place d'appareils ◆ cylindres, devrait permettre de r◆aliser d'importantes ◆conomies de devises et pr◆senter, de ce fait, un int◆r◆t particulier pour les pays qui connaissent des probl◆mes de balance des paiements. Le tableau 12 (Chapitre 6) Indique les prix d'un grand nombre de moulins ◆ meules de pierre ou ◆ meules m◆talliques et de broyeurs ◆ marteaux ainsi que de quelques appareils ◆ cylindres. Si les prix f.a.b. des machines ◆ meules et ◆ marteaux oscillent entre 200 et 10 000 livres (prix de 1980), selon leur capacit◆ de production, ceux des appareils ◆ cylindres vont de 250 000 et 700 000 livres



**environ.**

L'exemple ci-après illustre l'économie de devises que l'on peut réaliser. Supposons qu'on ait le choix entre un appareil à cylindres d'une capacité de 120 t/jour (avec 3 équipes) et huit broyeurs à marteaux d'une capacité individuelle de 15 t/jour (avec 2 équipes). Si l'on se réfère aux chiffres du tableau 12 (postes 31 et 34), on voit que le prix f.a.b. de l'appareil à cylindres importé du Royaume-Uni est de 400 000 livres, alors que celui de huit broyeurs à marteaux importés du Brésil n'est que de 6 000 livres. Si l'on produisait les broyeurs à marteaux sur place, avec de l'acier et des moteurs importés, le coût en devises pourrait être ramené à 3 000 livres environ.

D'autres calculs du même genre montreraient qu'il est possible de réaliser d'importantes économies de devises en choisissant des moulins à meules de pierre ou des broyeurs à marteaux plutôt que des appareils à cylindres.

### 1.3.7. Industrialisation des régions rurales

Bon nombre de pays en développement ont mis en oeuvre des programmes d'industrialisation des régions rurales afin d'améliorer l'emploi et le revenu des populations de ces régions et de ralentir leur exode. La transformation des denrées alimentaires et, en particulier, la mouture des céréales, sont une activité rurale essentielle qu'il importe de préserver; il faut donc éviter de prendre des mesures susceptibles de la défavoriser par rapport aux industries urbaines similaires. Ainsi, le subventionnement des grands moulins à cylindres ou l'application par un gouvernement de mesures pouvant restreindre l'approvisionnement en mûs des petites unités rurales (par exemple, l'affectation en priorité, par décret, des quantités limitées de mûs disponibles aux appareils à cylindres) pourrait, à long terme, entraîner l'arrêt des broyeurs à marteaux dans les régions rurales. Dans quelques pays (République-Unie de Tanzanie et Kenya, entre autres), de petites unités de mouture ont déjà cessé de

**fonctionner ou marchent au ralenti par suite, notamment, de la multiplication des appareils à cylindres.**

#### **1.4. Critères et méthodes d'intervention gouvernementale**

**Il ressort de la section précédente que, d'un point de vue socio-économique, la production de farine complète par de petites unités pourrait être plus indiquée que celle de farine dégermée par de grandes installations. Toutefois, comme on l'a déjà relevé, le choix de la technique de mouture peut varier d'un pays à l'autre en fonction du degré de développement, des goûts des consommateurs, de la répartition de la population entre les régions rurales et les villes, etc. L'encouragement de telle ou telle technique devrait donc être fondé sur une évaluation précise de l'offre et de la demande de farine de maïs, compte tenu des objectifs de développement du pays. Une étude d'ensemble du secteur qui nous intéresse pourra comporter les éléments suivants:**

- une étude de la demande des divers types de farine, y compris la détermination des raisons objectives et subjectives qui peuvent expliquer la demande de certains types de farine (disponibilité, goûts des consommateurs, publicité, prix, conditionnement, durée de conservation, etc.);**
- une étude de la production de farine de maïs par les ménages, les moulins artisanaux, les petits moulins industriels et les appareils à cylindres: situation géographique des unités de production, technique de mouture, échelle de production, qualité des produits, circuits de commercialisation, prix de gros et de détail, etc.;**
- une analyse socio-économique des options techniques pour la mouture du maïs fondée sur les résultats des enquêtes citées ci-dessus, compte tenu des objectifs nationaux de développement. L'analyse devrait porter sur les techniques utilisées dans le pays comme sur les techniques améliorées mises au point ailleurs.**

**Les conclusions d'une telle étude pourront déboucher sur l'adoption de mesures concrètes visant à promouvoir des techniques de mouture appropriées. Parmi les dispositions qu'un gouvernement pourra prendre, on peut citer:**

- l'élaboration et l'application de mesures visant à encourager la consommation de certains types de farine de maïs;
- la diffusion d'informations relatives à de meilleures techniques de mouture;
- la promotion de la recherche pour l'amélioration de la qualité et de la durée de conservation de la farine complète, avec la mise au point de modes de conditionnement répondant aux exigences du marché;
- l'élaboration et l'application de mesures destinées à maintenir l'équilibre souhaitable entre les différentes techniques en usage (types de moulins et chelles de production), compte tenu de la structure de la consommation que le gouvernement souhaite encourager.

Les informations techniques que l'on trouvera dans les chapitres suivants devraient faciliter la réalisation de l'étude d'ensemble préconisée et l'élaboration de mesures propres à promouvoir des procédés de mouture appropriés. Elles s'adressent aussi, bien sûr, aux exploitants de petites unités de mouture qui souhaitent améliorer leurs installations et aux personnes qui envisagent de créer de nouvelles unités de production.



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

 **Production de Farine de Maïs à Petite Chelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**



- ➔ □ **CHAPITRE 2. PREPARATION DU MAIS**
  - 📄 **2.1. Introduction**
  - 📄 **2.2. Dépanouillage**
  - **2.3. Séchage**
    - 📄 *(introduction...)*
    - 📄 **2.3.1. Détermination de la teneur en eau**
    - 📄 **2.3.2. Méthodes de séchage**
  - **2.4. Stockage temporaire du maïs séché**
    - 📄 **2.4.1. Teneur en eau et protection contre les moisissures**
    - 📄 **2.4.2. Protection contre les insectes**
    - 📄 **2.4.3. Protection contre les rongeurs et les oiseaux**
    - 📄 **2.4.4. Systèmes de stockage**

**Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

## **CHAPITRE 2. PREPARATION DU MAIS**

### **2.1. Introduction**

**La mouture du maïs est précédée d'une série d'opérations qui comprennent:**

- la récolte des épis;
- le séchage des épis (avant ou après dépanouillage);
- le dépanouillage;
- l'égrenage;
- le stockage du grain séché, le cas échéant.

**L'ordre de ces opérations peut être modifié. On peut, par exemple, égrener les épis**

**après la récolte ou le dépanouillage, puis sécher le grain avant de le stocker. Il est Indiqué de sécher le maïs avant de l'égrener lorsqu'il doit subir un stockage prolongé avant sa mouture, car les spathes protègent les grains contre les insectes et les brisures. Toutefois, le séchage des épis prend plus de temps que celui du maïs-grain. Le choix du mode de séchage (avant ou après égrenage) dépend donc, dans une large mesure, de l'utilisation finale du maïs.**

**Les diverses opérations qui précèdent la mouture sont brièvement abordées dans ce chapitre, à l'exception de l'égrenage, décrit de façon détaillée au chapitre 3. Le dossier portant essentiellement sur les techniques utilisées par les petites unités de mouture, il se peut que certaines des opérations énumérées ci-dessus soient absentes de ces unités. Ainsi, les moulins à façon transforment d'ordinaire les grains séchés que leur apportent leurs clients et ne se livrent ni au dépanouillage, ni à l'égrenage, ni au séchage du maïs. Ces opérations, par contre, seront parfois effectuées par les petits moulins industriels situés dans des agglomérations; c'est la raison pour laquelle la préparation du maïs est traitée dans ce dossier. Le stockage et le séchage ne seront qu'évoqués, car un autre dossier de cette série leur est consacré (BIT, 1986).**

**Les petits moulins effectuent les diverses opérations qui précèdent la mouture dans l'un des ordres suivants:**

- dépanouillage, séchage, stockage des épis, égrenage;
- dépanouillage, séchage, égrenage, stockage du maïs-grain;
- dépanouillage, égrenage, séchage, stockage du maïs-grain;
- séchage, dépanouillage, stockage des épis, égrenage;
- séchage, dépanouillage, égrenage, stockage du maïs-grain.

**On donnera, selon les circonstances, la préférence à l'une ou l'autre de ces séquences d'opérations. Les conditions climatiques, les possibilités de stockage, la durée du**

**stockage, le type d'épis de maïs (frais ou séchés) disponibles, le prix, etc., détermineront le choix de celle qui convient le mieux.**

## **2.2. Dépanouillage**

**Les spathes (fraîches ou séchées) qui entourent les épis peuvent être enlevées à la main ou mécaniquement. Dans ce dernier cas, le dépanouillage (que l'on appelle, parfois aussi, despathage) fait habituellement partie de l'opération d'égrenage, les égreneuses à moteur étant équipées d'un dispositif ad hoc. Le dépanouillage mécanique ne convient généralement pas aux petits moulins, conçus pour des volumes de production trop faibles pour justifier une telle installation.**

**Dans le dépanouillage manuel, les épis sont débarrassés des spathes qui les entourent à main nue ou à l'aide d'une paumelle armée d'un croc, ce qui permet d'accroître la productivité tout en protégeant la main. La figure 2 montre une paumelle d'un modèle courant. Le croc est inséré dans les spathes à la pointe de l'épi, puis tiré vers le bas arrachant ainsi l'enveloppe de l'épi. Cet instrument est particulièrement utile pour dépanouiller les épis séchés, car les spathes sont alors plus difficiles à retirer qu'elles ne le sont sur des épis frais.**

## **2.3. Séchage**

**Il n'existe pas de méthode universelle pour sécher le maïs. Le séchage dépend de plusieurs facteurs: volume de production, utilisation prévue, ressources et main-d'oeuvre disponibles, climat de la région, etc. Nous exposerons succinctement les principes applicables au séchage du maïs et donnerons la description sommaire de quelques procédés de séchage en usage courant.**

**Le maïs doit être bien sec pour pouvoir être stocké; il faut éviter en effet la germination des grains, le développement de micro-organismes et les déprédations dues aux**

**insectes. La plupart des procédés de séchage - qu'il s'agisse d' épis ou de maïs grenés - sont mis en oeuvre sur le lieu de production du maïs ou à proximité.**

**Au cours du séchage, l'eau qui s'évapore des grains humides est rapidement absorbée par l'air ambiant; l'évaporation cesse dès qu'un état d'équilibre est atteint. Le terme "humidité d'équilibre" désigne la teneur finale des grains en eau, dans une ambiance thermique donnée. Le temps de séchage dépend de la teneur en eau des grains, de la température, de l'humidité et de la vitesse de l'air de séchage et, bien entendu, de la quantité de maïs à sécher.**

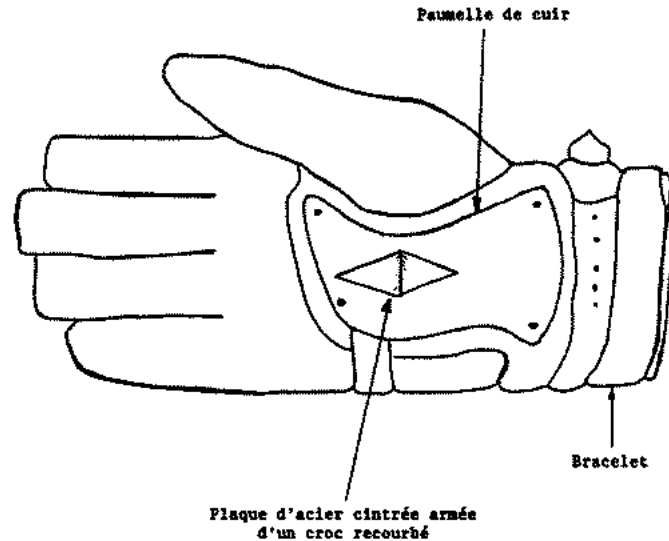
**Le paramètre le plus important est la vitesse de l'air, et non sa température. Toutefois, le séchage peut être accéléré en élevant la température de l'air. Celle-ci ne doit pas dépasser un certain niveau, lui-même fonction de l'usage auquel on destine le maïs. En meunerie, des températures supérieures à 60°C risquent d'altérer le processus de mouture et les qualités nutritionnelles du maïs.**

### **2.3.1. Détermination de la teneur en eau**

**Pour une bonne conservation du maïs stocké, la teneur en eau des grains ne devrait pas dépasser 13 pour cent. Il est donc essentiel de contrôler la teneur en eau avant de mettre fin au séchage.**

**Les techniques utilisées dans les grandes installations pour déterminer la teneur en eau sont compliquées, onéreuses et inadaptées aux besoins des installations plus petites. Les moulins artisanaux devront recourir à des méthodes simples, visuelles ou autres, pour contrôler le séchage (on peut comprimer les grains avec l'ongle du pouce ou les écraser entre les dents: plus ils sont secs, plus ils offriront de résistance). Une autre méthode consiste à verser une tasse de grains de maïs dans un flacon muni d'une capsule à vis et contenant une cuillère à café de sel et à secouer le mélange deux ou trois minutes: si le sel ne s'agglutine pas et n'adhère pas aux parois du flacon, c'est que le maïs est**

suffisamment sec pour être stocké (O'Kelly, 1979).



**Figure 2.** Paumelle de dépanouillage

### 2.3.2. Méthodes de séchage

Le séchage du maïs peut s'opérer de trois façons principales: par séchage au soleil, par séchage solaire ou par séchage artificiel. Ces méthodes peuvent aussi être combinées. Le choix sera dicté par la nature du produit à sécher (maïs en épis ou maïs en grains). Les principales caractéristiques de ces méthodes sont résumées au tableau 6.

### Tableau 6



## Principales caractéristiques des méthodes de séchage du maïs

	Séchage au soleil	Séchage solaire	Séchage artificiel		
			Convection libre	Convection forcée	
				Air ambiant	Air chauffé
Débit de séchage	Très faible	Moyen	Faible	Moyen	Elevé
Investissement	Très faible	Moyen	Faible	Moyen	Elevé
Qualification du personnel	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Parfois élevée
Main-d'oeuvre requise	Nombreuse	Raisonnable	Nombreuse	Peu nombreuse	Peu nombreuse
Exigences techniques et de maintenance	Minimes	Moderées	Peu élevées	Elevées	Elevées
Assujettissement au climat	Total	Important	Nul	Faible	Nul
Assujettissement à un combustible	Nul	Nul	Total	Nul	Total
Assujettissement à une source extérieure d'énergie (électricité)	Nul	Total	Nul	Total	Total
Contrôle du séchage	Nul	Moderé	Faible	Elevé	Elevé
Sensibilité aux dégradations (grains)	Moderée	Faible	Elevée	Faible	Faible
Protection contre l'infestation par des insectes ou des microbes	Faible	Moderée	Moderée	Moderée	Elevée

Les épis de maïs, d'apanouillis ou non, sont souvent séchés dans des cribs étroits dont les parois à claire-voie permettent la libre circulation de l'air. Quand le climat est propice et que la circulation de l'air est suffisante, les épis peuvent atteindre un degré de dessiccation convenable sans se couvrir de moisissures et sans être infestés par les insectes. On utilise aussi ces cribs pour stocker temporairement des épis secs.

Les épis de maïs non d'apanouillis sont souvent liés par leurs soies en petites gerbes qui sont suspendues à des arbres ou aux poutres extérieures des habitations. On peut aussi utiliser des râteliers de bambou constitués de tiges horizontales fixées à des tiges inclinées (figure 3). Les épis sont suspendus aux tiges horizontales par leurs soies. Pour parer aux averses, un deuxième râtelier, légèrement plus grand que le premier et recouvert d'une feuille de polyéthylène, peut être placé par-dessus (figure 4).

Le maïs en grains, est séché immédiatement après la récolte, peut aussi être étalé sur le sol et séché au soleil. On peut accélérer le séchage en disposant sur le sol une feuille de polyéthylène noir (figure 5). Une corde ou une tige de bambou est tendue entre deux pieux fichés dans le sol. Les grains de maïs sont éparpillés sur le polyéthylène, à l'exception de deux plages laissées dégagées aux extrémités de la feuille. En cas d'averse, ces extrémités pourront être ramenées sur la corde et former une couverture au-dessus du maïs. Il faut, dans ce mode de séchage, remuer fréquemment les grains pour éviter leur surchauffe.

### Séchage solaire

On a souvent recours à des séchoirs solaires pour sécher le maïs en grains (Soza, 1979), spécialement dans les régions où la période de récolte est suivie de fortes pluies. Ce type de séchoir permet de sécher rapidement le maïs avec un ensoleillement même limité.

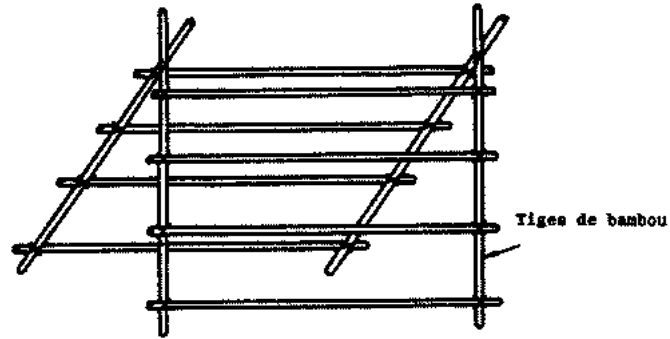
La figure 6 illustre un modèle de séchoir solaire de grande capacité qui comporte trois

**Éléments essentiels:**

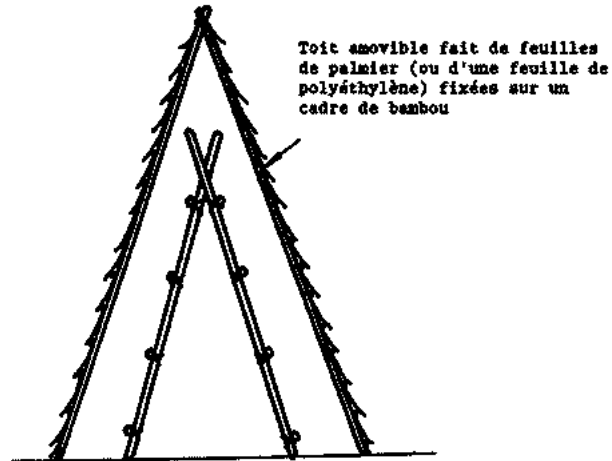
- un capteur solaire pour le chauffage de l'air de séchage;
- un lit de séchage à l'abri du soleil;
- une soufflante assurant la circulation de l'air chaud.

A l'origine, ce séchoir avait été conçu pour réduire les temps de séchage du maïs en grains stockés en cellules de type conventionnel. Le toit et la paroi de la cellule exposée au soleil sont transformés en capteur solaire en les enduisant d'une couche de peinture noire destinée à intensifier l'absorption du rayonnement solaire. On aménage un conduit pour la circulation de l'air en disposant des panneaux de bois sous le toit et à l'intérieur de la paroi exposée au soleil. La chaleur absorbée par la surface noire est transmise par conduction à l'air qui traverse le conduit, élevant ainsi sa température. Un ventilateur placé à la base du conduit aspire l'air chaud et le dirige vers le lit de séchage. Après avoir traversé la masse des grains, l'air se sèche par une cheminée.

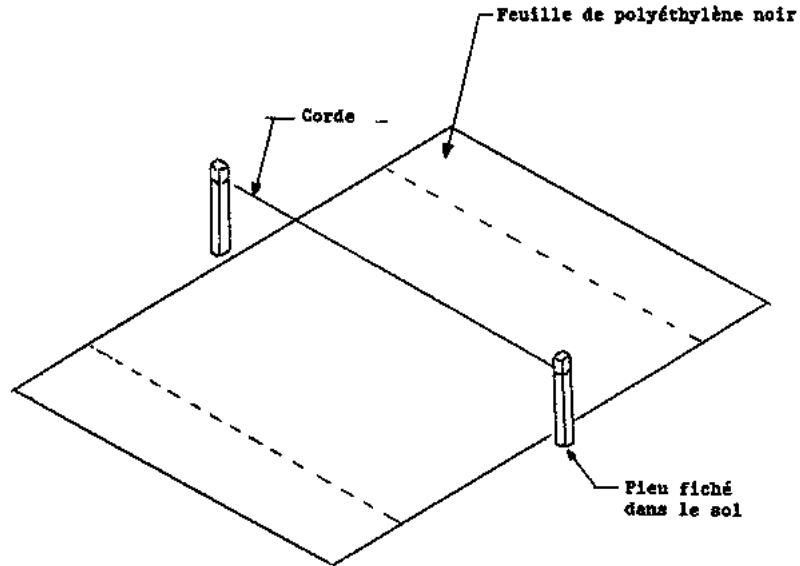
Plusieurs modèles de séchoir solaire ont été mis au point pour le séchage du maïs et d'autres céréales; on trouvera la description détaillée de certains d'entre eux dans une publication de Lindblad et Druben (1977).



**Figure 3. Rételier élémentaire pour le séchage au soleil d'épis de maïs non dépanouillés**

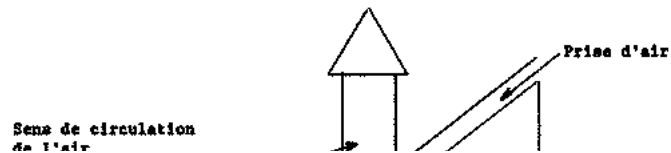


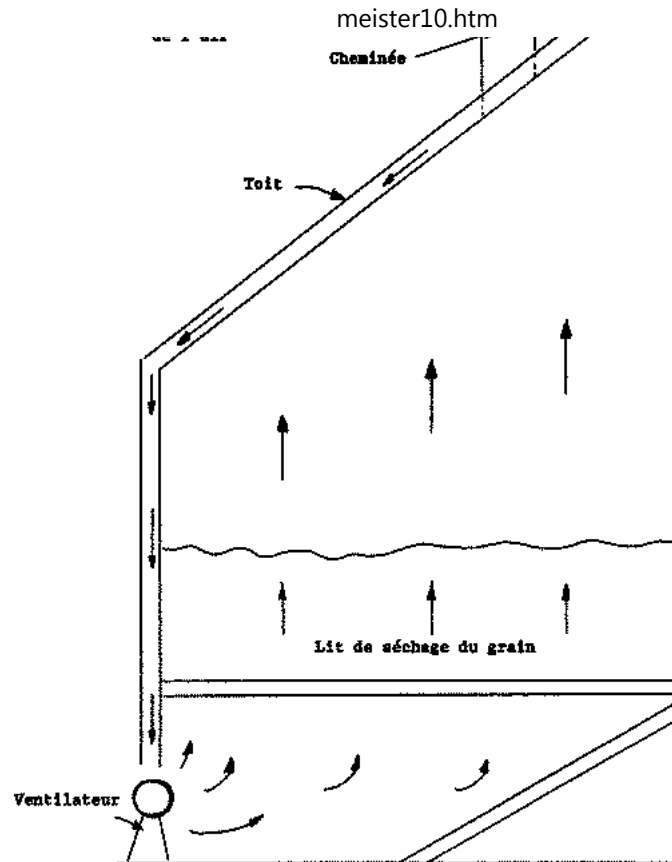
**Figure 4. Rételier de séchage sous toit de protection amovible**



**Figure 5. Méthode améliorée de séchage au soleil du maïs grené**

Source: O'Kelly (1979)





**Figure 6. S $\diamond$ choir solaire  $\diamond$  convection forc $\diamond$ e**

**Source: Buelow (1961)**

## Séchage artificiel

Bien que l'on ait fréquemment recours à l'énergie solaire pour sécher le maïs (en épis ou en grains), des conditions climatiques défavorables empêchent souvent de réaliser une dessiccation suffisante pour que le maïs puisse être stocké dans de bonnes conditions. On est ainsi amené à le sécher artificiellement, avec ou sans source complémentaire de chaleur.

De grands efforts ont été déployés pour mettre au point des séchoirs simples à l'intention des petits cultivateurs en économie de subsistance. La figure 7 représente l'un de ces séchoirs construit à partir de matériaux faciles à obtenir. L'installation se compose essentiellement d'une construction cylindrique en argile à paroi épaisse, surmontée d'un toit de chaume. Un plancher en argile, situé à mi-hauteur et reposant sur des piliers également en argile, sert d'échangeur de chaleur et de support à la masse à sécher. Sous cet échangeur de chaleur se trouve le foyer où l'on brûle du bois ou des déchets organiques. De petits orifices de fumée, pratiqués dans le foyer, peuvent être fermés lorsqu'on veut ralentir la combustion. Les prises d'air aménagées à la base de la chambre de séchage permettent d'amener l'air dans le séchoir et de le chauffer au contact de l'échangeur de chaleur. L'air traverse la masse de maïs avant de s'échapper par la couverture de chaume.

Il existe, à côté des installations à convection libre (dite aussi "naturelle"), des séchoirs à convection forcée faisant appel ou non à une source de chaleur complémentaire. Le ventilateur qui les équipe peut être entraîné par un moteur électrique, diesel ou essence ou par toute autre source d'énergie rotative. Le maïs à grené peut être séché selon un procédé semblable à celui qui est illustré par la figure 8. De l'air chaud, fourni par un ventilateur et une source de chaleur extérieure, est insufflé par une gaine souple sous un caillebotis de séchage sur lequel on a déposé une couche de maïs en vrac d'une épaisseur de 1,8 m environ. Le maïs est entouré de sacs remplis de grains, disposés

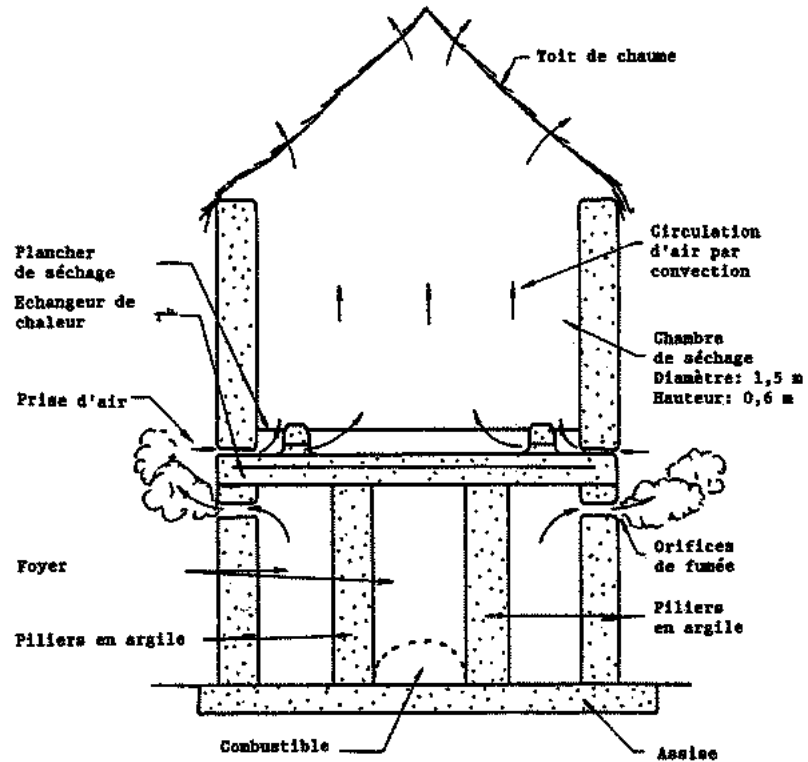
**tout autour du caillebotis 1,2 m environ de distance de celui-ci. Si la teneur en eau du maïs est supérieure 20 pour cent, les sacs seront disposés sur deux rangées et empilés sur une hauteur ne dépassant pas cinq couches. Le nombre des couches peut être augmenté lorsque la teneur en eau est inférieure 20 pour cent (figure 9). Le procédé peut également être utilisé pour sécher du maïs-grain en sacs remplis au maximum aux trois quarts. Ces séchoirs étant exposés, il faut les abriter de la pluie, le cas échéant, au moyen d'une grande bêche imperméable.**

## **2.4. Stockage temporaire du maïs séché**

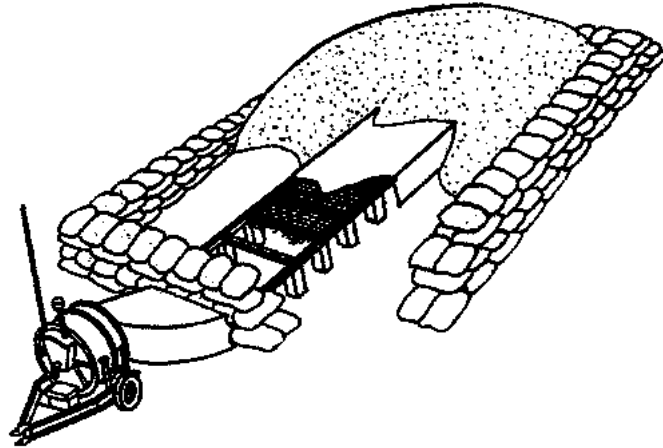
### **2.4.1. Teneur en eau et protection contre les moisissures**

**Pour réduire au minimum les dégradations par moisissure, la teneur en eau du maïs grené ne devrait pas dépasser 13 à 13,5 pour cent (par rapport à la matière humide) lorsque la céréale est stockée en sacs, ou 12 à 12,5 pour cent lorsqu'elle est stockée en vrac dans des cellules ou des silos. En règle générale, plus le grain est sec et moins il risque de s'altérer. Toutefois, les grains contenant moins de 12 pour cent d'eau se brisent plus facilement au cours de leur manutention et exigent un traitement spécial avant leur mouture. Le maïs en grains peut être stocké, à l'abri des moisissures, dans des cribs à claire-voie, même si sa teneur en eau dépasse 13,5 pour cent. Quant au maïs en épi, il peut être stocké dans les cribs alors qu'il est encore très humide; il séchera à l'air spontanément. Dans les climats humides, on utilisera des cribs plus étroits.**



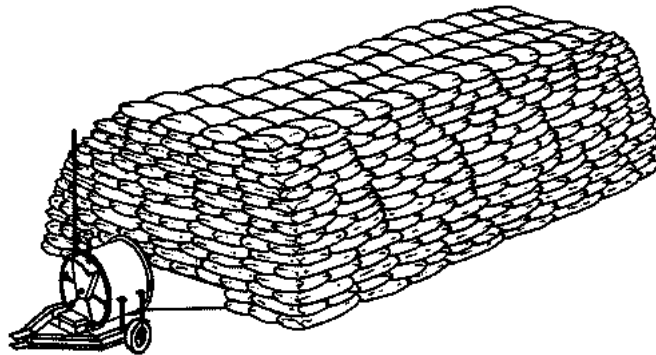


**Figure 7. Séchoir de foyer** Source: O'Kelly (1979)



**Figure 8. Sèchage, sur caillebotis ventilé, de maïs grené en vrac**

**Source: R.A. Lister Farm Equipment Ltd. (Royaume-Uni)**



## **Figure 9. Sèchage de maïs en sacs sur caillebotis ventilé**

**Source: R.A. Lister Farm Equipment Ltd. (Royaume-Uni)**

### **2.4.2. Protection contre les insectes**

**Le maïs en grains, sec, propre, exempt de toute altération patente et non infesté par les insectes au moment de sa réception, ne risque normalement pas d'être sérieusement infesté par la suite, pour autant qu'on ne le stocke pas plus de trois à quatre mois. Lorsque les grains sont fortement endommagés ou qu'ils sont brisés, ils sont plus vulnérables aux attaques d'insectes et aux moisissures; les variétés à haut rendement sont d'ordinaire plus exposées à ces attaques que les variétés classiques. Si, au départ, le pourcentage des grains contaminés est de l'ordre de un pour cent, il atteindra probablement 20 pour cent au moins après trois ou quatre mois de stockage à 20-25°C, ce qui représente une perte de 2 à 3 pour cent du poids sec. Aux températures de stockage plus élevées (jusqu'à 30°C environ), la perte sera supérieure, pouvant atteindre plus du double à une température moyenne de 30°C.**

**Il faut désinfecter les grains manifestement infestés en procédant à leur fumigation au moyen d'un insecticide gazeux agréé (l'hydrogène phosphoré ou le bromure de méthyle, par exemple, qui sont agréés à cette fin par la plupart des pays), ou en pulvérisant sur les grains un liquide insecticide agréé. Lorsqu'on ne dispose pas d'un produit de pulvérisation approprié ou lorsque celui-ci ne convient pas au système de manutention appliqué, on peut incorporer au maïs, par voie mécanique, une poudre convenablement diluée. En général, il est préférable de recourir à la pulvérisation dans le cas des grains en vrac, car on peut procéder à cette opération en un point approprié de la chaîne de transport. Quant au maïs grené et ensaché, il est souvent plus facile de le traiter en mélangeant une poudre aux grains, à la pelle et par lots de 10 à 20 sacs.**

### 2.4.3. Protection contre les rongeurs et les oiseaux

Une bonne protection contre les oiseaux et les rongeurs exige que l'on veille scrupuleusement à l'hygiène des lieux et à l'entretien de grillages efficaces destinés à empêcher l'accès des prédateurs. Il est parfois nécessaire de prendre des mesures supplémentaires pour éliminer les rongeurs. La méthode la plus répandue consiste à poser des appâts empoisonnés contenant des rodenticides anticoagulants. Il n'est pas recommandé d'utiliser des appâts empoisonnés ou d'autres techniques pour éloigner les oiseaux, ces mesures étant inutiles lorsque les entrepôts sont bien protégés.

### 2.4.4. Systèmes de stockage

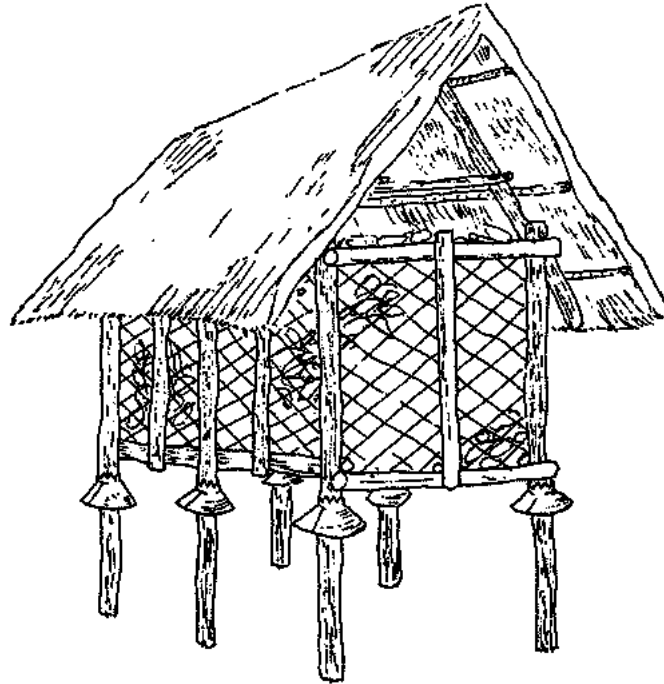
Les figures 10 et 11 illustrent des modes de stockage courants et les dispositions à prendre pour les rendre efficaces. Quelle que soit la méthode adoptée, il faut veiller scrupuleusement au bon état des magasins, à la propreté des stocks et de leurs abords; il faut également contrôler la qualité des produits à stocker au moment de leur réception.

Les méthodes décrites dans cette section ne sont que quelques-uns des modes connus de stockage des céréales à petite échelle. On trouvera des informations détaillées sur d'autres méthodes dans le dossier technique du BIT consacré au stockage du grain (1986) et dans une publication de Lindblad et Druben (1977).

#### Cribs pour le stockage du maïs en épis

La figure 10 représente un crib destiné au stockage d'épis de maïs humides. Ses parois sont faites de treillis métallique ou de tout autre matériau convenable (claire à grosses mailles, etc.); elles doivent permettre à l'air un passage aussi aisé qu'à travers les épis eux-mêmes. L'air sèche les épis lentement mais sûrement, qu'ils soient épanouillis ou non. Lorsque le climat est habituellement sec après la récolte, on peut donner aux cribs

**une largeur d'au moins 2 m. Dans les régions humides, par contre, leur largeur ne devrait pas dépasser 1 m, voire 60 cm.**



**Figure 10. Crib de stockage du maïs en épis**

**Le maïs sera protégé de la pluie par un toit aussi imperméable que possible. Le fait que la masse des épis soit mouillée latéralement de temps en autre ne retarde pas beaucoup**

**le séchage, moins que le mouillage ne soit particulièrement intense et prolongé. Il est donc inutile, d'ordinaire, de faire trop déborder le toit; cela pourrait même réduire le temps de séchage.**

**Les poteaux et leurs fissures seront, en cas de besoin, Imprégnés d'un insecticide à action persistante pour prévenir les attaques des termites. On éloignera les rats en disposant le plancher du crib à 1 m au moins du sol. On peut également garnir les poteaux de collerettes de protection en tôle pour empêcher les rats de pénétrer dans les cribs. Ces collerettes devraient avoir une avancée d'au moins 25 cm.**

**Si les oiseaux posent véritablement un problème, on prévoira une protection supplémentaire en installant un grillage à mailles de 2 cm ou moins.**

**Pour limiter l'infestation par les insectes, le crib et le sol sous-jacent seront soumis à un nettoyage préalable approfondi. Tous les restes de maïs que l'on ne peut utiliser immédiatement seront brûlés. On pulvérisera sur les cribs, après nettoyage, un insecticide de contact à action semi-persistante et de type agricole. Si les épis de maïs doivent être stockés pendant plus de 3 à 4 mois, il faut les traiter, couche par couche, au fur et à mesure que l'on remplit les cribs, en pulvérisant un liquide ou en répandant une poudre de protection agricole à cette fin. On peut aussi, et c'est même plus efficace, égrener les épis dès qu'ils sont secs (teneur en eau, 13 pour cent) et incorporer aux grains, par mélange, le produit de protection; cela permet une application efficace de la plupart des insecticides à des concentrations bien inférieures.**

### **Stockage en magasin du maïs sec en sacs**

**Les principales caractéristiques d'une pile de sacs bien conçue sont illustrées par la figure 11. On peut constituer soit une très grande pile de sacs, soit plusieurs petites piles. La capacité de stockage est plus grande avec une seule pile; toutefois, cette méthode complique la lutte contre les parasites et en réduit l'efficacité.**

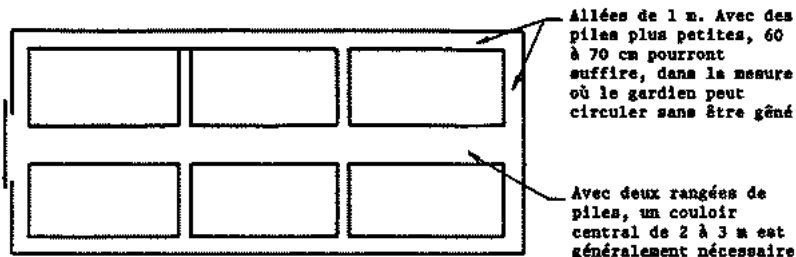
Un magasin couvert peut être efficacement protégé contre les rongeurs et les oiseaux. Des murs lisses permettront d'écarter les rongeurs et de prendre au piège ou d'empoisonner ceux d'entre eux qui auraient franchi une porte ouverte. Si un magasin n'a pas de mur, il peut être nécessaire de munir son périmètre d'un grillage.

On aménagera un passage autour de chaque pile de sacs et prévoira un accès à son sommet (si nécessaire par une échelle); c'est indispensable pour permettre l'inspection des piles et la lutte contre les parasites.

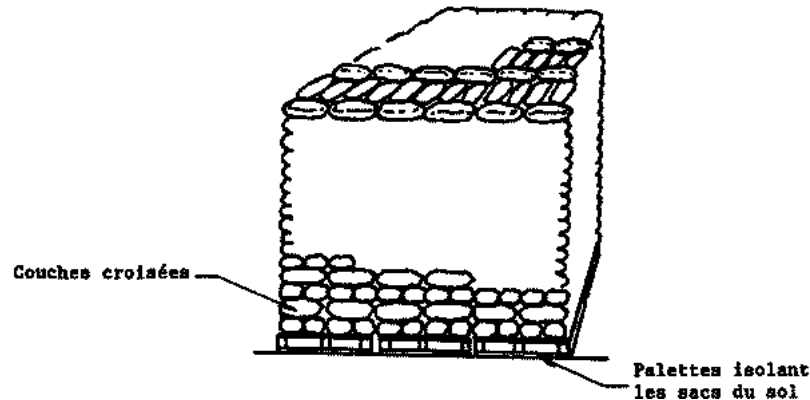
La pile sera isolée du sol par des palettes ou des btons disposés à intervalles réguliers. Cette mesure, qui peut paraître inutile lorsque le sol est à l'abri de l'humidité, protège le maïs en cas d'inondation peu importante.

Les sacs seront empilés régulièrement et calés les uns contre les autres, en croisant les couches comme l'indique le schéma de la figure 11. L'empilage devrait être serré si les grains sont bien secs. Un empilage bien fait permet de superposer 30 à 40 couches de sacs, pour autant que le magasin ait une hauteur suffisante.

**Figure 11.** Stockage en magasin du maïs grené en sacs



### a) Plan schématique d'un magasin



## b) Pile de sacs

Lors d'une fumigation, on recouvrira les piles d'une housse étanche aux gaz que l'on fixera au sol par des chaînes ou par de petits sacs de sable. Après fumigation, on peut pulvériser sur chaque couche de sacs, au fur et à mesure de l'édification de la pile, un insecticide de contact à action semi-persistante. Par la suite, une nouvelle pulvérisation des surfaces exposées prolongera sensiblement la durée de la protection, sans toutefois la rendre permanente. Le traitement des seules surfaces exposées ("pulvérisation de surface"), sans pulvérisation préalable de chaque couche, constitue le plus souvent une perte de temps et d'argent. On peut aussi laisser en place les housses de protection après la fumigation et protéger ainsi les sacs contre les insectes. Avec cette méthode, le traitement peut se limiter à la pulvérisation d'un insecticide liquide ou au poudrage d'un insecticide au ras du sol. On assure ainsi une protection excellente et durable, pour autant que les grains restent secs et frais (c'est-à-dire sans que la température ne dépasse sensiblement la température moyenne ambiante). Il faut toutefois être circonspect dans les régions de haute altitude où les fluctuations



quotidiennes de température peuvent être relativement importantes. Il est indispensable, en tout état de cause, de bien gérer les magasins et de contrôler régulièrement le bon état des housses. Il est bon, également, de surveiller la température afin de détecter sans tarder toute infestation pouvant résulter, par exemple, d'une fumigation mal conduite ou d'une housse déchirée. L'utilisation de housses translucides, légères, en polyéthylène, comme couverture permanente lors des opérations de fumigation, est d'ordinaire moins coûteuse et plus efficace que d'autres méthodes; on peut en effet, dans une certaine mesure, voir à travers ces housses. Il est cependant recommandé de prévoir un contrôle distance de la température des piles en deux ou trois points de chacune d'elles.

On peut également, dans un magasin où la ventilation est contrôlée, protéger efficacement de grandes piles de sacs après fumigation en traitant régulièrement le milieu ambiant aux insecticides. Ceux-ci seront appliqués assez souvent et au moment opportun. Il est indiqué de procéder à un traitement quotidien, de préférence au crépuscule. Cette méthode est particulièrement intéressante lorsqu'on utilise un insecticide tel que le dichlorvos. Les autres méthodes que l'on préconise généralement (celles en particulier qui mettent en oeuvre des pyréthroïdes naturels ou synthétiques) sont considérées d'ordinaire comme étant plutôt coûteuses pour des applications Journalières. Une dernière possibilité, dans le cas des magasins que l'on peut rendre pratiquement étanches aux gaz et qui sont protégés en tout temps contre la pénétration d'insectes, consiste à procéder à une fumigation intégrale. Cette méthode assure une protection durable mais nécessite une gestion des magasins et des opérations de stockage extrêmement difficile à réaliser lorsqu'on procède à des entrées et des sorties de grain fréquentes.



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



 **Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

➔  **CHAPITRE 3. EGRENAGE**

 **3.1. Techniques d'égrenage**

 **3.1.1. Choix du site**

 **3.1.2. Exposé général des méthodes d'égrenage**

 **3.2. Matériels d'égrenage**

 **(introduction...)**

 **3.2.1. Outils à grener**

 **3.2.2. Egrenoirs à main rotatifs**

 **3.2.3. Egreneuses à bras montés sur bâti**

 **3.2.4. Egreneuses à moteur de grande capacité**

**Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

**CHAPITRE 3. EGRENAGE**

**3.1. Techniques d'égrenage**

**3.1.1. Choix du site**

Du point de vue purement économique, l'égrenage du maïs devrait s'effectuer dans la zone maïsicole ou à proximité de celle-ci, soit au cours de la récolte (au moyen par exemple d'une récolteuse-égrenouse), soit dans une unité de production proche. En effet, il existe une telle différence de poids et de volume entre les épis de maïs non égrenés et le maïs en grains que l'égrenage du maïs loin du point de récolte accroît considérablement les coûts de transport. Il arrive néanmoins, dans bien des cas, que le maïs soit égrené en dehors de la région de culture. Ainsi, un grand moulin, situé dans

**un centre urbain, préférera utiliser ses propres machines d'égrenage pour obtenir des grains de qualité uniforme (teneur en eau appropriée, absence de moisissures, d'agents contaminants, de matériaux pierreux, etc.) et disposer en tout temps de stocks suffisants.**

**Selon les circonstances, et indépendamment des considérations qui précèdent, le maïs peut être égrené :**

- dans les mûnages, manuellement;
- dans les moulins à faïon;
- dans les petits moulins industriels;
- dans les grandes installations à cylindres;
- sur le terrain, en cours de récolte.

**Puisque le dossier porte essentiellement sur les méthodes adaptées aux petites unités de mouture, ce chapitre fera une large place aux techniques d'égrenage qui conviennent particulièrement aux moulins à faïon et aux petits moulins industriels. Il contient aussi, cependant, quelques informations sur les outils d'égrenage utilisés dans les mûnages, afin d'encourager les artisans locaux à promouvoir leur emploi par les mûnages ruraux.**

### **3.1.2. Exposé général des méthodes d'égrenage**

**Les méthodes d'égrenage du maïs font appel aux matériels suivants:**

- outils à égrener, de divers modèles et à débit variable;
- égrenoirs à main rotatifs;
- égreneuses à bras montés sur bâti;
- petites égreneuses à moteur ou grandes égreneuses à bras dotées de

## **dispositifs de nettoyage et de calibrage; et**

- **grenuses** **moteur de grande capacité** **dotés de dispositifs d'alimentation, de nettoyage, de séparation et d'ensachage.**

**Certaines grenuses utilisées avec les grands appareils cylindres comportent un ensemble de dépanouillage; ce sont les récolteuses-dépanouilleuses. Les machines d'égrenage dont il est question ci-dessus ont une capacité de production horaire allant de 15 kg plus de 4 tonnes (grandes grenuses).**

### **Incidences de la teneur en eau**

**Il est extrêmement difficile d'égrener des épis de maïs lorsque leur teneur en eau dépasse 25 pour cent; entre 17 et 25 pour cent, l'égrenage se fait mal. A ces teneurs élevées, en effet, les grains subissent d'importantes dégradations mécaniques, l'égrenage est moins efficace et la consommation d'énergie plus élevée. En général, l'égrenage est le plus efficace lorsque les grains ont été convenablement séchés (teneur en eau inférieure à 13 - 14 pour cent). Signalons ce propos que les machines combinées (récolteuses-égrenuses) qui égrenent les épis sur place après les avoir cueillis et avant qu'ils ne soient suffisamment secs peuvent endommager jusqu'à 20 pour cent des grains (Waelti et Buckle, 1967).**

### **Domages provoqués par l'égrenage**

**Le maïs, même s'il a été convenablement séché, peut subir malgré tout des dégradations en cours d'égrenage (une partie des grains peut être raflée ou brisée). Ces dégradations sont sans grande importance lorsque le maïs est traité peu de temps après avoir été égrené (pour être moulu ou cuit, par exemple). Si le maïs en grains, par contre, doit être stocké pendant un certain temps, il pourra s'infester de parasites secondaires ou être envahi par des champignons qui se propageront sous la surface**

**blessé des grains. Ces altérations pourront se produire même si le grain est suffisamment sec et stocké dans de bonnes conditions.**

**L'étendue des dommages subis lors de l'égrenage dépend de la technique adoptée, de l'habileté de l'opérateur et de la qualité du maïs. En général, les méthodes manuelles - l'exception du raclage et du battage - et les petites égreneuses à moteur endommagent moins le grain que les égreneuses plus puissantes. Il faut relever que de nombreux exploitants n'utilisent pas leurs petites égreneuses de manière rationnelle et endommagent ainsi une part non négligeable de leur production. La raison de cet état de choses est la suivante: plusieurs modèles d'égrenoirs rotatifs à manivelle sont dotés d'un ressort réglable qui permet d'accroître la pression exercée sur les épis pour faciliter l'égrenage. La plupart des exploitants ne veulent pas perdre le maïs non égrené, mais comme ils ne veulent pas non plus faire l'effort de le récupérer à la main, ils règlent le ressort de manière à assurer un égrenage intégral. La forte pression ainsi exercée sur les grains endommage gravement leur surface et entraîne des pertes importantes en cas de stockage ultérieur prolongé.**

### **Facteurs déterminant le choix de la méthode d'égrenage**

**Selon l'échelle de la production, la quantité requise de maïs-grain peut être obtenue avec une ou plusieurs égreneuses. La technique d'égrenage la plus indiquée est celle qui réduit au minimum le coût unitaire de la production par kg ou par tonne pour un taux de pertes donné, une qualité de maïs égrené déterminée (absence de sable, de matériaux pierreux et de parasites morts, par exemple) et une certaine qualité de la matière première (teneur en eau, taille et qualité des épis, souplesse relative de l'albumen des graines, etc.).**

**Lorsqu'on compare deux méthodes d'égrenage, il faut tenir compte de toutes les opérations annexes. Certaines machines assurent la totalité de ces opérations, d'autres**

**une partie seulement; d'autres enfin n'effectuent que l'égrenage. Il faut donc tenir compte, dans toute étude comparative, des coûts entraînés par les opérations annexes suivantes:**

- **dépanouillage;**
- **nettoyage;**
- **criblage;**
- **ensachage ou emballage, le cas échéant.**

**Pour une qualité donnée de maïs, le coût de l'égrenage doit donc prendre en considération:**

- **le coût du dépanouillage;**
- **les coûts du nettoyage et du criblage;**
- **le coût de l'ensachage;**
- **les pertes provoquées par la présence de grains abîmés si le maïs égrené doit être stocké (le prix de vente du maïs-grain en mauvais état est inférieur à celui du maïs sain).**

**Le chapitre 6 fournit des indications pour l'évaluation de ces coûts et le choix de la méthode la plus appropriée.**

**Ce choix tiendra compte des variables ci-après:**

- i) volume total de maïs à traiter;**
- ii) durée effective de la campagne d'égrenage et de la journée de travail;**
- iii) capacité effective de production des matériels à disposition;**
- iv) productivité (main-d'oeuvre et matériel);**
- v) coût des intrants: salaires, installations, matériel, taux d'intérêt, énergie, etc.**

**Les variables i) et ii) déterminent le volume journalier minimal de maïs à traiter. Plus la campagne d'égrenage est longue et plus la capacité de stockage est élevée, plus ce volume sera faible.**

**Les variables iii) et iv) déterminent le nombre d'égreneuses de tel ou tel type nécessaire pour assurer la production journalière minimale, compte tenu du fait que certaines machines ne permettent pas d'effectuer les opérations annexes. Enfin, une fois connus le matériel nécessaire et les besoins correspondants en main-d'oeuvre, en infrastructure et en énergie, les variables v) détermineront le coût unitaire de production pour chaque méthode d'égrenage.**

**Il convient de relever que le débit du matériel d'égrenage peut être affecté par:**

- la qualification de la main-d'oeuvre et l'organisation des opérations dans leur ensemble;
- la teneur en eau du maïs cueilli;
- la taille et la qualité des épis;
- la nécessité de procéder ou non à un dépanouillage préalable;
- le rythme de l'approvisionnement en épis.

**La capacité effective sera souvent inférieure à la capacité calculée, la différence étant généralement plus grande pour les égreneuses de grande capacité que pour les petites, ce qui s'explique notamment par le fait que l'entretien et la réparation des premières sont plus compliqués et plus longs que ceux des secondes, des machines manuelles en particulier.**

### **3.2. Matériels d'égrenage**

**Il existe plusieurs types de matériel d'égrenage, suivant les échelles et les conditions de production (utilisation par les ménages, par de petits exploitants agricoles (en**

**copropriété), location de la journée par des cultivateurs indépendants, moulins à faon, moulins industriels, etc.). Les cultivateurs utilisent souvent de petits grenoirs rotatifs à manivelle; il s'agit d'un équipement simple, efficace, peu coûteux et relativement durable, construit dans de nombreux pays en développement ou industrialisés. A priori, n'importe quel pays en développement devrait pouvoir fabriquer ce type de machine. On trouve divers modèles, composés d'un petit nombre de pièces de fonte. Un disque armé de dents arrache les grains des épis pressés contre lui par une plaque mobile à ressort de pression. Les grenoirs ont des capacités de production variables, mais leur débit atteint le double au moins de celui des meilleurs outils tenus à la main, soit 100 kg de grain à l'heure environ.**

**Les grenieuses montées sur bâti sont plus volumineuses; elles ont un débit supérieur et sont d'un emploi plus commode, mais leur prix est plus élevé. Elles sont souvent équipées de dispositifs de nettoyage et de séparation. Le calibre relativement important des grains de maïs favorise l'utilisation de ventilateurs, pour souffler les poussières et les particules légères, et de cribles simples à mouvement alternatif, pour éliminer le sable, les rafles et les grains brisés ou trop petits. Selon le type de grenieuse sur bâti et le nombre d'opérateurs, le débit peut être quatre fois supérieur à celui des petits grenoirs rotatifs, et cela grâce à l'utilisation de paliers antifriction et d'un mécanisme d'entraînement permettant d'atteindre une vitesse de fonctionnement élevée et régulière. Le principe de l'égrenage est analogue à celui appliqué dans les machines plus petites. L'une des principales différences tient au fait que l'alimentation est assurée non par une plaque de pression, mais par un tambour à rotation lente. La conception de la taille des grenieuses de grande capacité permettent l'utilisation de petits moteurs, électriques ou à essence, notamment. Ces machines conviennent aux petits moulins industriels.**

**Les grandes installations d'égrenage entièrement mécanisées, d'un débit horaire de plusieurs tonnes, sont entraînées d'ordinaire par des moteurs diesels ou électriques. Un**



grand nombre de constructeurs offrent différents modèles commercialisés par des concessionnaires de matériel agricole. Bien qu'il n'existe pas de modèle standard, la plupart des égreneuses fonctionnent é peu près selon le même principe. On a le choix entre un grand nombre de modèles. Les égreneuses installées en usine sont fixes et possèdent un dispositif de manutention et d'alimentation approprié. On trouve également des installations mobiles montées sur roues ou sur tracteur. Leur débit élevé requiert l'utilisation d'un élévateur pour l'alimentation en épis et d'un dispositif d'ensilage. La plupart des égreneuses comportent un tambour armé de doigts, monté sur un axe horizontal, qui tourne é 700 - 1 000 tours par minute. Ce tambour est entouré d'une tôle perforée dont les trous ont é peu près la taille des grains et qui retient les épis. Une chicane ralentit l'amenée des épis et maintient une pression optimale pour l'égrenage. Un ventilateur puissant expulse les rafles et les gros débris; un second ventilateur, plus petit, est souvent placé é la sortie des grains pour souffler les poussières et les fines particules. Ces égreneuses permettent d'atteindre un débit horaire moyen de l'ordre de 900 kg par kW installé.

Le dépannage des épis peut s'effectuer é l'aide d'une table spéciale montée é l'intérieur de l'égreneuse. L'opération est habituellement réalisée par des paires de rouleaux tournant l'un contre l'autre en sens inverse et munis d'aspérités qui arrachent les spathes et les soles. Il faut compter, dans ce cas, avec une certaine baisse du rendement d'égrenage. On fera bien de consulter les constructeurs sur la possibilité de combiner les deux opérations.

La durée de service des divers éléments de ces machines peut être considérable, aucune pièce ne subissant d'usure ou de frottement. Les stocks de pièces détachées (roulements, éléments de tambour et vis) seront donc peu importants. Il est toutefois impossible de chiffrer la durée de service moyenne, car les constructeurs utilisent différents matériaux. Le fonctionnement de ces machines ne nécessite pas de main-d'oeuvre qualifiée, puisqu'il suffit en général de charger manuellement les épis et de

**retirer le grain et les rafles; leur débit dépend dans une large mesure de l'effectif des travailleurs qui leur sont affectés (spécialement dans le cas des petites unités de chargement manuel).**

### **3.2.1. Outils de grener**

**Un certain nombre d'outils ont été mis au point pour améliorer le rendement, combattre la monotonie du travail et éviter autant que possible les lésions aux doigts. Ils permettent de grener de 8 à 15 kg de maïs par heure. La figure 12 montre plusieurs outils de construction récente. Le tableau 7 renseigne sur leur sujet (sources, matériaux constitutifs, degré de qualification exigé par leur fabrication, coût de fabrication, débit horaire). Tous ces outils peuvent être fabriqués localement avec des matériaux importés ou disponibles sur place.**

### **3.2.2. Egrenoirs à main rotatifs**

**Ces égrenoirs conviennent tout particulièrement à la production de petite échelle. Ils permettent d'atteindre un débit satisfaisant et sont d'ordinaire très robustes. Leur fonctionnement est relativement simple, encore que le grain puisse être endommagé si l'appareil est mal réglé. La rotation de la manivelle force les épis contre un disque armé de crocs qui détache les grains. Les modèles existants permettent de séparer les rafles du grain, pour autant qu'on ait fixé l'appareil et amenagé un dispositif pour recueillir les grains. Les modèles des divers fabricants diffèrent par leur finition extérieure, le matériau dont ils sont faits et son épaisseur ainsi que leur degré de précision, ce qui explique que leur débit horaire puisse aller de 14 à 100 kg. Il est préférable de fabriquer ces égrenoirs en métal; toutefois, de bons artisans locaux pourront réaliser des appareils similaires en bois.**

**Les pays industrialisés produisent une vaste gamme d'égrenoirs à main rotatifs. Certains de ces appareils peuvent être adaptés à la taille des épis et être montés sur les bâtis**

de modèles divers. Les figures 13 à 18 en donnent une brève description. Le lecteur pourra obtenir des informations complémentaires en s'adressant aux constructeurs cités à l'annexe II.

### 3.2.3. Egreneuses à bras montées sur bâti

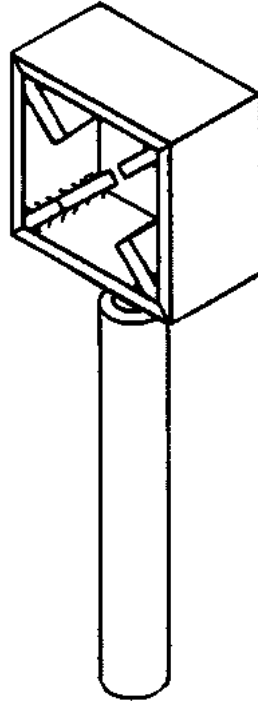
Ces égreneuses sont relativement performantes. Leur prix est sensiblement plus élevé que celui des égreneoirs à main rotatifs, mais elles ont une capacité de production très supérieure et sont plus maniables. Le procédé de récupération du grain est le même, avec quelques modifications cependant permettant d'atteindre un débit supérieur (adjonction d'un volant, de rouleaux d'aménagement des épis, etc.). Ces machines comportent toutes un crible de nettoyage du grain ou un tarare à ventilateur; les rafles et le grain sont séparés de manière efficace. Le débit horaire varie de 40 kg (avec un seul travailleur) à 300 kg (avec un petit moteur et deux opérateurs). Les modèles diffèrent d'un constructeur à l'autre.

Ces machines conviennent plus particulièrement aux petits moulins industriels. Les figures 19 à 21 présentent deux types d'égreneuses montées sur bâti.

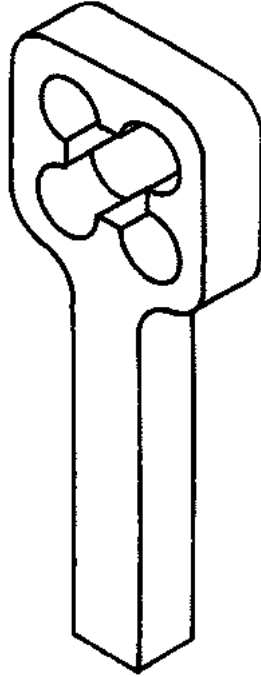
### 3.2.4. Egreneuses à moteur de grande capacité

Nous avons déjà eu l'occasion de parler dans ce chapitre des égreneuses à moteur de grande capacité. Nous n'en traiterons pas en détail, ces machines n'étant généralement pas adaptées à l'égrenage à petite échelle. Les figures 22 à 25 en présentent certains modèles, fabriqués dans des pays en développement ou des pays industrialisés.

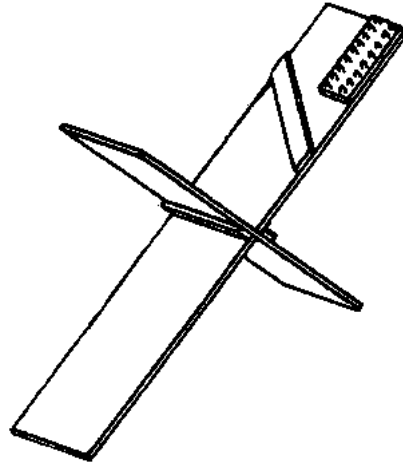
**Figure 12. Outils à égrener**



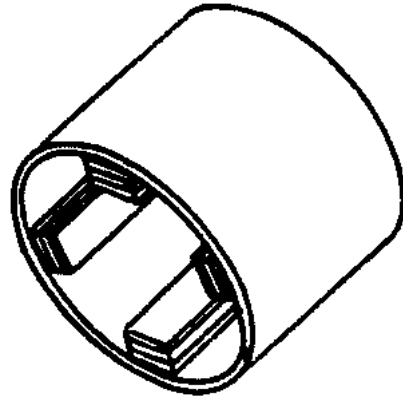
**Modèle en métal soudé**



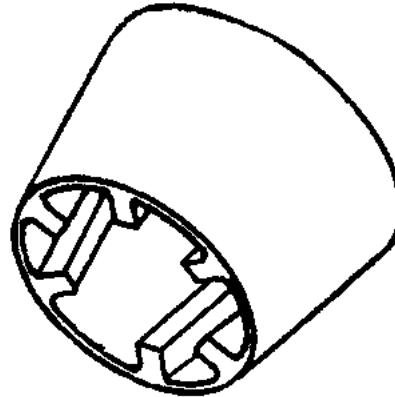
**Modèle TPI en bois ouvré**



**Modèle Morogoro en planches**



## Egreoir en tube de CPV



### Modèle Decker

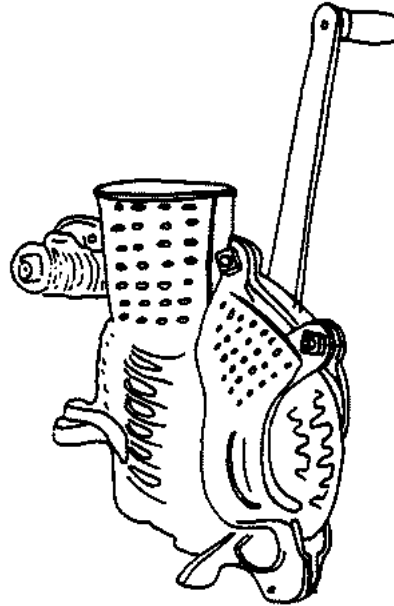
**Tableau 7**  
Caractéristiques de quelques outils égrener

Modèle	Source	Description	Matériau constitutif	Qualification exigée du constructeur	Coût (fabrication locale)	Débit horaire (kg)
Decker	Decker Manufacturing Co. P.O. Box 368 Keokuk, IA	voir fig. 12				15

	52632 USA					
Morogoro	Prof. A.S. Ramo, Université de Dar-es-Salaam, République-Unie de Tanzanie (Appropriate Technology, vol. 2, n�1, mai 1975)	voir fig. 12	Bois de sciage	Relativement levée	Elevé	13
Ceneema	<u>Bloc-notes du monde rural</u> , n� 13, juin 1977 B.P. 790, Yaoundé, Cameroun	voir fig. 12	Métal soudé	Relativement levée	Moyen	10
TPI	<u>Rural technology guide</u> , n� 1, 1977 (Tropical Products Institute,	voir fig. 12	Bois ouvré	Peu levée	Peu levé	10



	Londres)					
Tube de CPV	Dr. D.J. Hilton, Universit de Nairobi ( <u>Appropriate Technology</u> , vol. 3, n° 2, août 1976)	voir fig. 12	Tube de chlorure de polyvinyle coll	Peu levée	Peu levée	8
SATA	Swiss Association for Technical Assistance, P.O. Box 113, Katmandou, Nepal	analogue de l'appareil Decker	Table pliee	Relativement levée	Moyen	15



**Figure 13.** Egreneur à main

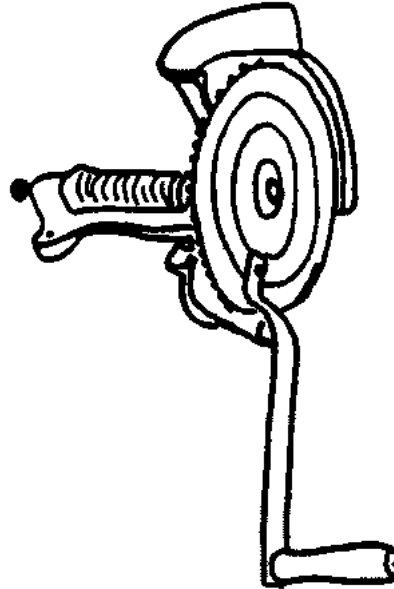
**Poids: 7 kg**

**Débit horaire: 30-100 kg**

**Fabriqué par:**

**Rajan Universal Exports Pvt Ltd  
(Inde)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 14. Egrenoir  $\diamond$  main**

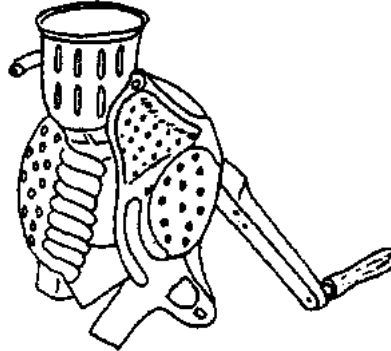
**Corps et plateau de fonte. Manivelle en acier  $\diamond$  poign $\diamond$ e de bois. Plateau mobile avec ressort de pression auto-r $\diamond$ glable suivant la grosseur des  $\diamond$ pis.**

**Poids: 6 kg**

**Plaque de fixation perc $\diamond$ e de 4 trous**

**D $\diamond$ bit horaire: jusqu' $\diamond$  500  $\diamond$ pis**

**Fabriqué par:**  
**Renson Landrecies S.a.r.l.**  
**(France)**

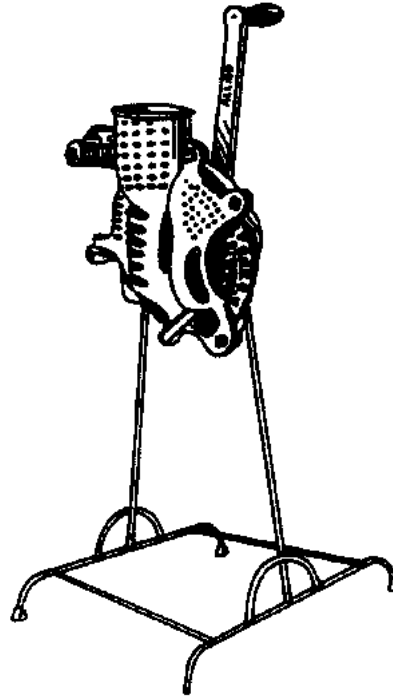


**Figure 15. Egrenoir à main**

**Ce petit appareil peut être fixé à une caisse en bois. Les noix sont introduites dans un entonnoir et gressent au contact d'un disque rotatif.**

**Fabriqué par:**  
**Dandekar Brothers (Inde)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 16. Egrenoir à main sur bâti**

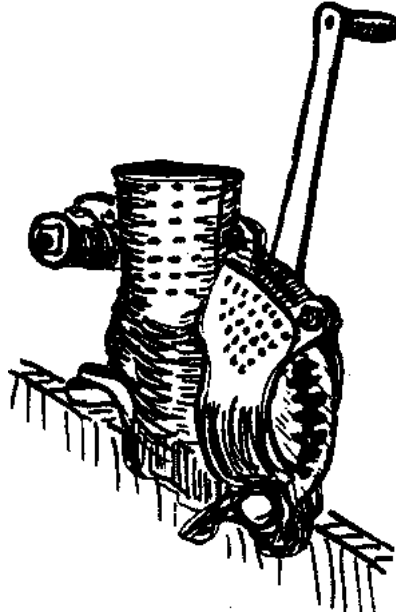
**Le plateau est pressé par un ressort réglable contre un disque armé de crocs qui sépare le grain des rafles.**

**Débit horaire: 30-35 kg**

**Poids: 7 kg**

**Fabriqué par:**  
**Allied Trading Company (Inde)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 17. Egrenoir** ♦ main

**Ce petit** ♦ grenoir ♦ main peut ♦ être fixé ♦ sur le bord du récipient destin ♦ ♦

recevoir le grain, les rafles étant rejetées à l'extérieur. La pression peut être adaptée à la grosseur des épis.

**Fabriqué par:**

**Brown and Clapperton Ltd.,  
(Malawi)**

**Source: Commonwealth Secretariat  
(1981)**



**Figure 18. Egrenoir à main "Atlas"**

L'appareil peut être fixé à une caisse en bois en serrant les écrous aux oreilles de ses deux brides. Les épis dépanouillés sont introduits dans l'entonnoir de la machine et grenés au contact d'un disque de 20 cm de diamètre. Le maïs-grain tombe dans la caisse, tandis que les rafles sont retenues et finalement rejetées par la machine. La pression du ressort peut être adaptée à la grosseur des épis.

Débit horaire maximal: 120 kg

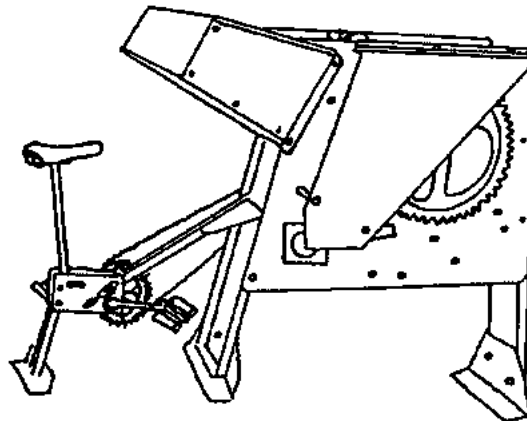
Poids: 7 kg

Construit par:

R. Hunt and Co. Ltd.

(Royaume-Uni)

Source: ITDG (1985)



**Figure 19.** greneuse à pédalier "ABMS/8" montée sur socle

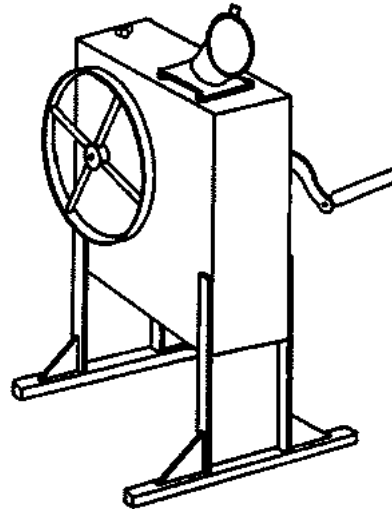


Les épis d'épanouisseurs sont introduits à la main dans les deux orifices d'une trémie et égrenés par passage entre deux meules métalliques. La machine n'est pas équipée d'une grille, mais un tarare ventilateur rejette les débris légers. Cette égreneuse est actionnée par un pédalier (figure) mais peut aussi être entraînée par un moteur à essence ou un petit moteur électrique de 0,4 kW environ. Son débit horaire peut atteindre 800 kg.

**Construit par:**

**Alvan Blanch Development Co. Ltd  
(Royaume-Uni)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 20. Greneuse à bras montée sur bâti**

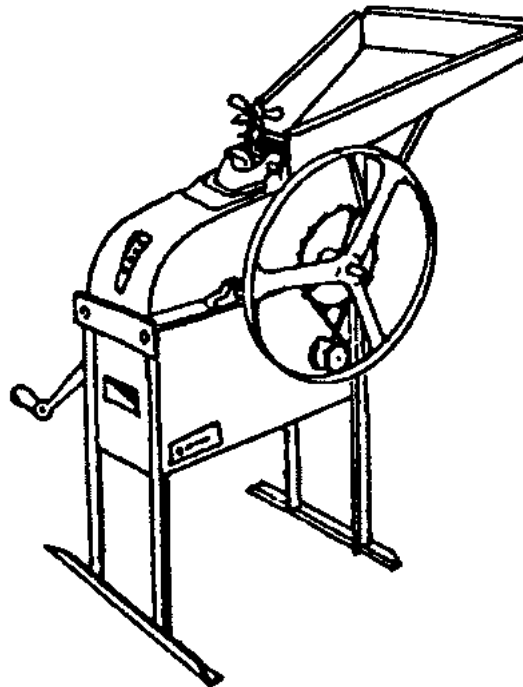
Cette greneuse, montée sur bâti, existe en deux modèles: le petit, manuel, d'un débit horaire de 80-100 kg, est actionné par une manivelle; le grand, qui peut être entraîné par manivelle ou par moteur, a des débits horaires maximaux de 150-200 kg (modèle à bras) et de 300 kg (modèle à moteur), respectivement.

**Construit par:**

**SISMAR**

**(Sénégal)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 21. Egreneuse sur bâti (♦ bras et ♦ moteur)**

**Poids: 70 kg**

**D♦bits horaires:**

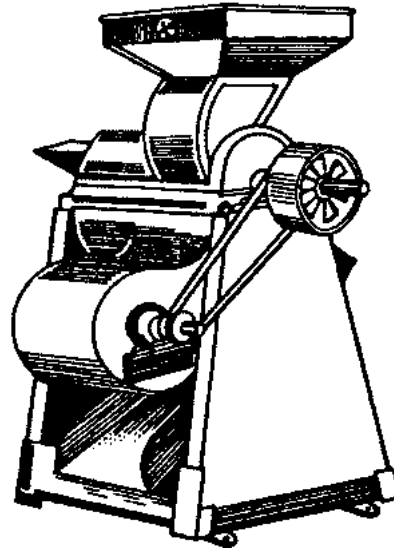
**♦ bras: 100 - 120 kg**

**♦ moteur: 200 - 300 kg**

**Puissance requise: 0,75 kW**

**Construit par:**  
**Cossul & Co. Pvt. Ltd.**  
**(Inde)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 22. Egreneuse ♦ moteur**

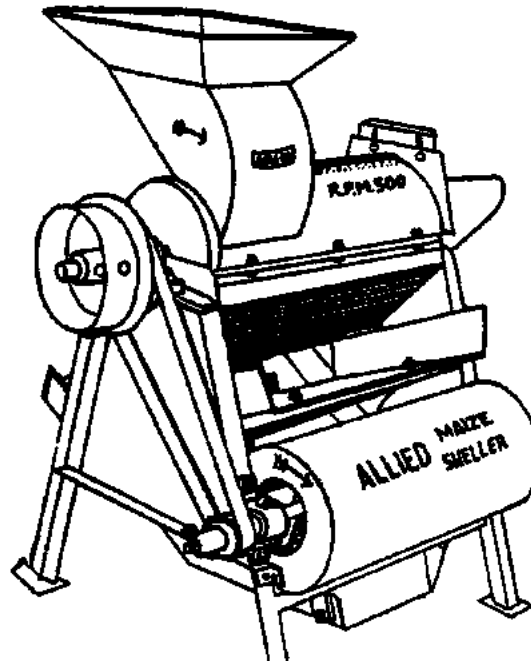
**D♦bit horaire: 1 500 kg**

**La machine sèpare les poussières et les glumes du grain.**

**Puissance requise: 3,8 kW**

**Construit par:  
Dandekar Brothers  
(Inde)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 23. Egreneuse équipée d'un tarare**

**La machine est équipée d'un tarare ventilateur**

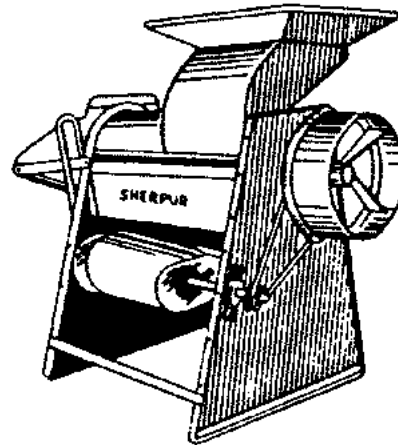
**Débit horaire: 1 500 - 1 800 kg**

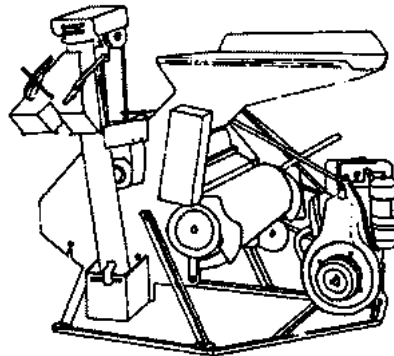
**Puissance requise: 3,8 kW**

**Construit par:**

**Allied Trading Company  
(Inde)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 24. Egreneuse à moteur "Sherpur" de grande capacité****Poids total: 200 kg****Débit horaire: 1500 - 2500 kg****Puissance requise: 3,8 kW (diesel ou électrique)****Construit par:  
Union Forgings  
(Inde)****Source: ITDG (1985)****Figure 25. Egreneuse à moteur "Bamba 7" de grande capacité****Puissance requise: 4 kW (moteur électrique)****7,2 kW (moteur diesel ou essence;**

**prise de force)**

**Vitesse des batteurs: 800 t/mn**

**Débit horaire: 1 500-2 000 kg (maïs)**

**Poids: 200-450 kg (selon équipement)**

**Autres céréales: mil, sorgho, niébé, soja,  
riz et blé (adaptation du diamètre des trous)**

**Construit par: Ets J. Bourgoin (France)**

L'égrenouse "Bamba 7" polycéréales à battes amovibles et contre-égreneurs interchangeable comprend un ensemble de 4 toiles pointeuses, une goulotte d'alimentation des épis, un ventilateur de nettoyage, un système vibrant d'éjection des déchets avec récupération des grains, une vis latérale d'évacuation des grains propres et un aspirateur de poussières purifiant l'air autour du poste de travail. Le grain peut soit être recueilli dans des sacs posés à terre (grâce à une vis courte et 2 bouches d'ensachage), soit être déversé directement dans une remorque (grâce à une vis longue).

Il existe, outre un modèle fixe sur bâti, un modèle monté sur essieu escamotable avec barre d'attelage permettant la traction par véhicule ou animaux. Cette machine peut aussi être portée sur tracteur grâce à un attelage 3 points universel. Elle peut être couplée à la prise de force d'un tracteur.



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



**Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP,  
1990, 140 p.)**







## CHAPITRE 4. TECHNIQUES DE MOUTURE DU MAÏS (Introduction...)

- 4.1. Prétraitement du maïs destiné à la mouture
- 4.2. Description des techniques de mouture
- 4.3. Moulins à eau
- 4.4. Moulins à meules métalliques ou à meules de pierre et broyeurs à marteaux
  - 4.4.1. Moulins à meules métalliques
  - 4.4.2. Broyeurs à marteaux
  - 4.4.3. Moulins à meules de pierre (naturelle ou artificielle)
  - 4.4.4. Rendements comparés des moulins à meules et des broyeurs à marteaux
  - 4.4.5. Maintenance des moulins et broyeurs à moteur
- 4.5. Appareils à cylindres

**Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

### CHAPITRE 4. TECHNIQUES DE MOUTURE DU MAÏS

Il existe de nombreuses techniques de mouture suivant les échelles de production et les types et qualités de farine de maïs que l'on veut obtenir. Les installations les plus modestes sont destinées aux ménages (mortiers et pilons, petits moulins à bras), alors que les plus importantes utilisent en général des appareils à cylindres. Pour les échelles de production intermédiaires, on se sert de moulins à meules de pierre ou à meules métalliques ou encore de broyeurs à marteaux. Ce dossier portant essentiellement sur la production à petite échelle, nous insisterons sur ces dernières techniques et ne donnerons qu'un bref aperçu de la technologie des appareils à cylindres. Nous n'examinerons pas non plus les méthodes de mouture utilisées dans les foyers; en effet,

**dans les régions rurales, les femmes s'adressent de plus en plus de des moulins de façon ou communautaires pour se consacrer de des activités plus productives.**

#### **4.1. Prétraitement du maïs destiné de la mouture**

**En général, le maïs non traité, de gren de séché est simplement transformé en semoule ou en farine pour la préparation de produits traditionnels. Certains de ceux-ci exigent toutefois un traitement préalable du maïs.**

**En Amérique centrale et en Amérique du Sud, le maïs sert souvent, dans les ménages comme dans le commerce, de la préparation de galettes sans levain, les "tortillas". Avant la mouture, le grain est bouilli pendant 15 de 20 minutes dans une solution alcaline d'hydroxyde de sodium et de calcium; cette méthode de cuisson alcaline du grain de maïs entier s'appelle la nixtamalisation. Ce traitement détache le son et l'opercule terminal que l'on peut facilement de limiter, en même temps que tout excès alcalin, par simple lavage. A ce stade, le grain légèrement ramolli peut être moulu de l'état humide dans un moulin mécanique de meules métalliques pour obtenir de la pâte de tortillas ("masa"). Lorsqu'on désire des tortillas fraîches, la "masa" est formée et cuite sur place. On peut aussi, après avoir procédé au même traitement alcalin et de un rinçage, faire sécher le grain légèrement ramolli dans un four de pétrole ou électrique, le mouliner dans un broyeur de marteaux, le conditionner et le commercialiser sous forme de farine instantanée pour tortillas. Ce prétraitement confère au produit final un goût caractéristique très apprécié et augmente la valeur nutritive du maïs.**

**Les grains de maïs peuvent aussi être légèrement grillés avant d'être moulus. En Amérique centrale, une boisson ou un brouet local particulièrement apprécié - le pinol ou pinolillo - est un mélange de farine complète de maïs grillé (moulue dans un broyeur de marteaux), de fèves de cacao grillées et d'autres céréales et d'épices telles que la muscade et la cannelle. Le grillage du maïs en renforce l'arôme et le rend plus digestible,**

grâce à la gélification de l'amidon. On retarde également, de cette manière, le processus de rancissement, en rendant inactifs les enzymes de la farine. La durée de conservation du produit s'en trouve prolongée.

#### 4.2. Description des techniques de mouture

Il existe deux techniques principales de mouture: dans l'une, le grain est moulu directement sans avoir subi de traitement préalable; dans l'autre, on le soumet à certains traitements avant la mouture. La première méthode donne la farine complète, qui contient le son et le germe, alors que la seconde permet d'obtenir toute une gamme de produits, y compris des farines partiellement ou totalement dégermées.

La production de farine complète est réalisée selon le premier procédé dans trois types de moulins ou de broyeurs: des moulins à meules métalliques, des moulins à meules de pierre et des broyeurs à marteaux. La production de ces moulins varie de 25 kg/h pour les moulins à meules à plus de 10 000 kg/h pour certains broyeurs à marteaux de grande capacité. Les principales caractéristiques techniques de ces trois types de moulins ressortent du tableau 8. Ils peuvent tous être entraînés par l'énergie hydraulique ou par des moteurs diesels ou électriques entre autres.

**Tableau 8**  
Données techniques relatives à quelques types de moulins et broyeurs

Caractéristiques	Type de machine		
	Moulins à meules métalliques	Broyeurs à marteaux	Moulins à meules de pierre
Vitesse de rotation (tours/mn)	600	Jusqu'à 3 600	600-800

Puissance du moteur électrique (kW)	0,4-4	2-150	0,4-15
Diamètre des meules (cm)	25	-	20-56 (v)* 61-71 (h)*
Débit horaire moyen par kW (kg)	67	74	80 (v)* 87-107 (h)*
Débit horaire moyen (kg)	27-270	148-11 100	32-1 200 (v)* 35-1 600 (h)*

**v\*: Meules verticales**

**h\*: Meules horizontales**

Certains moulins à meules métalliques de faible capacité peuvent avoir recours à l'énergie animale ou éolienne. Certaines machines peuvent être couplées à la prise de force d'un tracteur. La farine complète peut être tamisée pour en éliminer les gros morceaux de son et de germe. Ces machines peuvent être dotées de dispositifs pour le nettoyage du grain et son tamisage. Les moulins à eau sont, pour la plupart, des moulins artisanaux, alors que les autres moulins ou broyeurs à moteur peuvent, selon leur lieu d'installation et leur échelle de production, être soit des moulins artisanaux, soit des moulins industriels.

Le choix du type de moulin est déterminé, d'ordinaire, par les préférences locales, l'échelle de production envisagée et le type de produit. Les moulins à meules métalliques sont extrêmement répandus dans certaines régions d'Afrique occidentale (au Cameroun, au Ghana, au Nigeria et en Sierra Leone, par exemple), alors que les broyeurs à marteaux sont couramment utilisés en Afrique orientale (Kenya, Malawi, République-Unie de Tanzanie). Les moulins à meules de pierre pour la mouture sèche du maïs prédominent en Amérique centrale et en Amérique du Sud, dans le sous-continent indien, en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Les broyeurs à marteaux sont surtout

**utilisés pour la production d'aliments moulus destinés aux animaux, notamment en Afrique occidentale, en Indonésie et en Amérique centrale.**

**La seconde technique de mouture est utilisée avec les appareils à cylindres, où le maïs subit une série de traitements (nettoyage, conditionnement, dégermage, blutage, réduction, etc). Ces moulins produisent un certain nombre de produits destinés à diverses préparations alimentaires. La composition de quelques-uns de ces produits et les rendements correspondants des opérations de mouture sont indiqués au tableau 9. L'éventail des produits varie généralement, d'un moulin à l'autre, en fonction des besoins du marché. Le taux d'extraction des produits transformés secs est de l'ordre de 80 pour cent. En général, la plus grande partie de la production est composée de grits dégraissés ou de farines de première qualité délipidées ayant une teneur en matières grasses inférieure à 1 pour cent, tandis qu'une petite partie est constituée par des farines de moindre qualité ayant une teneur en matières grasses comprise entre 1 et 2 pour cent, les sous-produits (le germe et le son) constituant les 20 pour cent restants. Le germe est traité d'ordinaire pour obtenir de l'huile, alors que le son est utilisé pour l'alimentation animale.**

**La capacité de production des appareils à cylindres modernes varie entre 48 et 300 tonnes de maïs par 24 h (soit 2000 à 12500 kg/h). On trouve cependant quelques installations plus petites dont la production se limite à 7-9 tonnes de maïs par 24 h (soit 300 - 400 kg/h). Le Central Food Technological Research Institute, en Inde (voir l'annexe III), a récemment mis au point un petit appareil à cylindres qui est livré clé en main pour la production d'un petit nombre de produits dérivés du maïs, en particulier dans les régions rurales. Les plans détaillés de cet appareil peuvent être obtenus, pour une somme modique, auprès de cette institution.**

**Les sections qui suivent fournissent des informations techniques sur les moulins à meules de pierre ou à meules métalliques et sur les broyeurs à marteaux. Les appareils à**

**cylindres ne seront qu'avoqués, car ils n'entrent pas dans le cadre de ce dossier.**

### **4.3. Moulins eau**

**Les moulins eau sont essentiellement des moulins meules de pierre entraînées par le courant. Une section distincte (4.4.3) sera consacrée aux moulins meules de pierre fonctionnant au moyen de moteurs diesels ou électriques.**

**Les moulins eau de type classique comportent deux meules horizontales, plates, circulaires, situées l'une au-dessus de l'autre sur un axe commun. Ils sont couramment utilisés sur les hauts plateaux d'Afrique orientale, dans l'Himalaya et dans les Andes qui comptent beaucoup de torrents rapides. La figure 26 présente la coupe transversale d'un moulin meules actionné par l'eau.**

**Tableau 9**

**Produits dérivés du maïs dégermé Rendement et composition (valeurs courantes)**

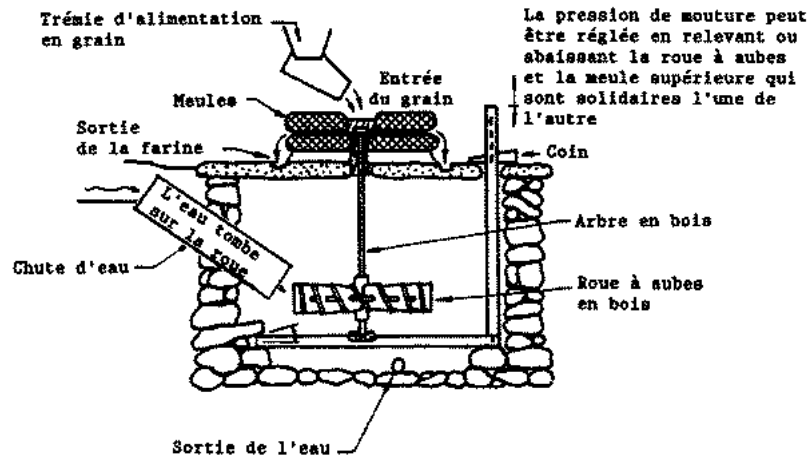
<b>Produits dégermés*</b>	<b>Rendement de mouture (pour cent)</b>	<b>Plage habituelle des particules (mm)</b>	<b>Humidité</b>	<b>Lipide</b>	<b>Fibres</b>	<b>Cendres</b>	<b>Protéines</b>
			----- (pour cent) ----- ----				
Grits en flocons	12	3,4-5,8	14	0,7	0,4	0,4	8,4
Gruau grossier	15	1,4-2,0	13	0,7	0,5	0,4	8,4
Gruau moyen	23	0,65-1,4	13	0,8	0,5	0,5	8,0
Semoules	3	0,30-0,65	12	1,2	0,5	0,6	7,6
Farines	4	moins de 0.2	12	2.0	0.7	0.7	6.6

**\* Obtenus par des procédés fournissant une série de produits. Le rendement et la composition des produits dépendent des spécifications fixées dans chaque cas.**

**Le courant (débit minimal gal 500 l/s environ) fait tourner une roue à aubes en bois qui entraîne la meule supérieure par l'intermédiaire d'un arbre vertical en bols; cette meule tourne à une vitesse d'environ 120 t/mn sur la meule inférieure qui est fixe (James, 1982; Temple, 1974; Ndambuki, 1981) (figure 27). Le grain est distribué par une trémie d'alimentation (dont l'orifice de sortie a un diamètre de 15 cm environ) au centre de la meule supérieure dont la rotation l'entraîne vers la périphérie pendant la mouture. Des rainures taillées dans les meules favorisent le mouvement du grain; leur profondeur décroît progressivement du centre vers la périphérie, le maïs étant ainsi moulu en granules de plus en plus fins. La mouture est recueillie dans une rigole externe. L'écartement des meules peut être réglé au moyen d'un simple coin, ce qui modifie la pression de mouture et permet d'obtenir des farines de textures diverses.**

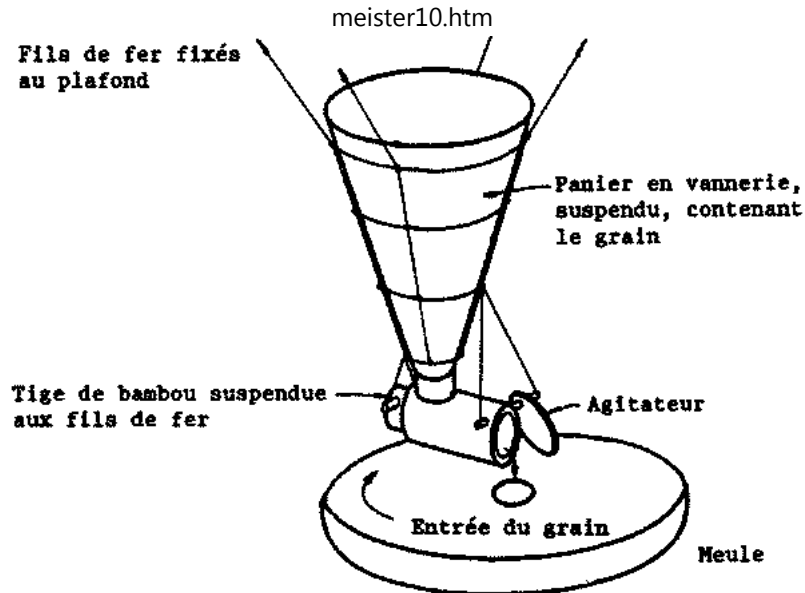
**Les moulins à eau courants, équipés de meules de 75 cm de diamètre environ, produisent de 25 à 50 kg de farine par heure, selon le degré de finesse désiré et la vitesse de rotation des meules, elle-même fonction du débit liquide.**

**Les moulins à eau peuvent être construits par les artisans locaux à partir de matériaux trouvés sur place. Quant aux meules elles-mêmes, elles peuvent être soit fabriquées et taillées sur place, soit importées.**



**Figure 26. Coupe verticale d'un moulin  $\diamond$  eau**





**Figure 27.** Détails de la trémie d'alimentation en grain

**Source:** Temple (1974)

#### 4.4. Moulins et meules métalliques ou et meules de pierre et broyeurs et marteaux

##### 4.4.1. Moulins et meules métalliques

Dans les moulins et meules métalliques (que l'on désigne, parfois aussi, sous les noms de moulins et disques ou moulins et plateaux), la mouture est réalisée par deux disques métalliques parallèles logés à l'intérieur d'un carter (figure 28). La machine elle-même

est monté sur un bâti (acier spécial, fonte aciérée, etc.) ou sur un socle. L'un des disques est fixe, l'autre étant entraîné par une courroie reliée à un moteur électrique (0,4 - 4 kW) ou à un moteur diesel (11 - 19 kW). Il existe aussi des modèles qui peuvent être branchés sur la prise de force d'un tracteur.

Le disque mobile tourne à une vitesse de l'ordre de 600 t/mn. Le grain sortant d'une trémie est amené par une vis sans fin dans l'intervalle qui sépare les deux meules; l'écartement de celles-ci peut être modifié selon la finesse de mouture désirée. Les meules portent des rainures destinées à faciliter le cisaillement et l'écrasement des grains. On peut utiliser des meules ayant des reliefs variés et produire ainsi des farines de différentes textures. La production horaire des moulins à meules métalliques dépend de la finesse de mouture désirée, de la variété du grain et de sa teneur en humidité. Les moulins électriques ont un débit horaire de 67 kg par kW environ. Ainsi, un moulin équipé d'un moteur électrique de 4 kW peut moudre approximativement 270 kg de grain par heure. Dans certaines régions d'Amérique centrale et d'Afrique occidentale (par exemple au Nigeria), les moulins à meules métalliques sont utilisés pour le broyage humide du maïs. Dans ce cas, les constructeurs recommandent d'ordinaire des meules à cannelures plus fines que celles qui sont utilisées pour le broyage sec.

Quelques pays en développement fabriquent des moulins à meules métalliques équipés de moteurs importés, alors que d'autres importent des moulins complètement équipés. Les figures 29 à 32 illustrent quatre modèles construits dans des pays en développement ou des pays industrialisés.

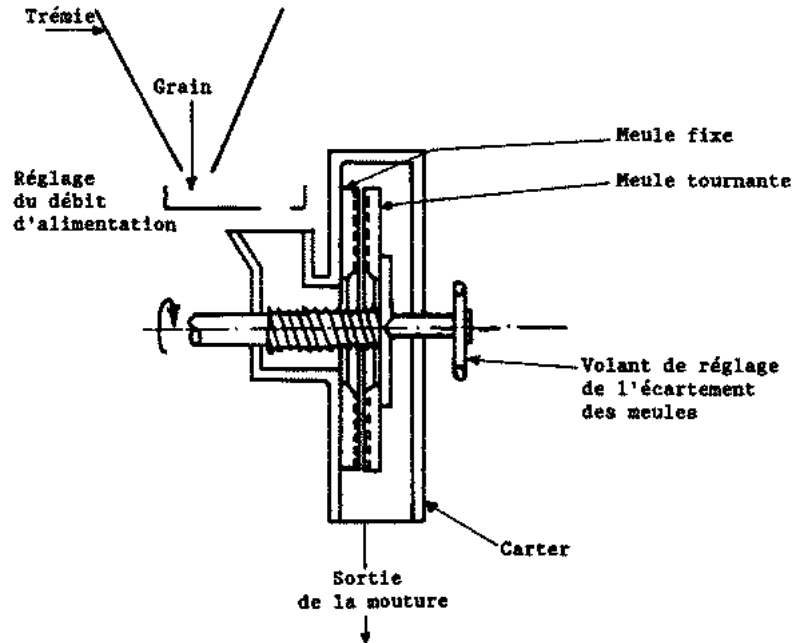
#### 4.4.2. Broyeurs à marteaux

Les broyeurs à marteaux utilisés dans les pays en développement pour la mouture sèche du maïs-grain sont souvent importés d'Europe ou des Etats-Unis. A l'heure actuelle, cependant, un nombre grandissant de ces pays se sont mis à construire des broyeurs de

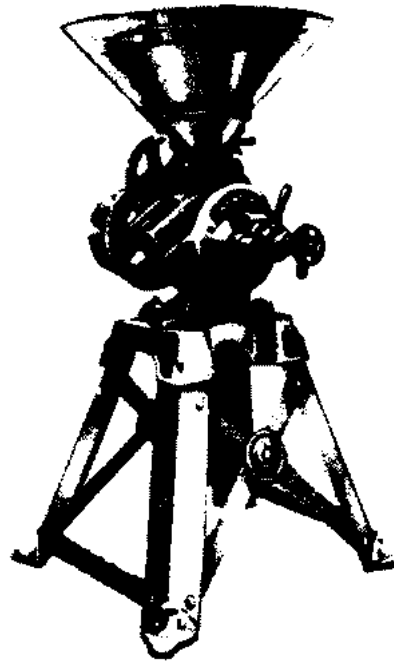
**qualité généralement satisfaisante.**

**Modèles et capacités de production varient selon les constructeurs. Ces broyeurs sont généralement en fonte; leur arbre, horizontal, est entraîné par une source d'énergie extérieure, moteur électrique ou diesel, généralement. Certains modèles peuvent aussi être couplés à la prise de force d'un tracteur. La puissance des moteurs électriques varie entre 2 et 150 kW, selon la taille et le modèle de broyeur.**

**Un ou plusieurs rotors montés sur l'arbre moteur et équipés de marteaux tournent à l'intérieur d'un carter (figure 33); la vitesse de rotation peut atteindre 3 600 t/mn. Les marteaux sont soit fixes (en fonte), soit articulés (acier chromé à 1 pour cent); leur nombre est compris entre 1 et 32.**



**Figure 28.** Coupe verticale schématique d'un moulin à meules métalliques



**Figure 29. Moulin à meules métalliques réversibles "CLB"**

**Diamètre des meules: 260 mm**

**Vitesse de rotation: 500-1000 t/mn**

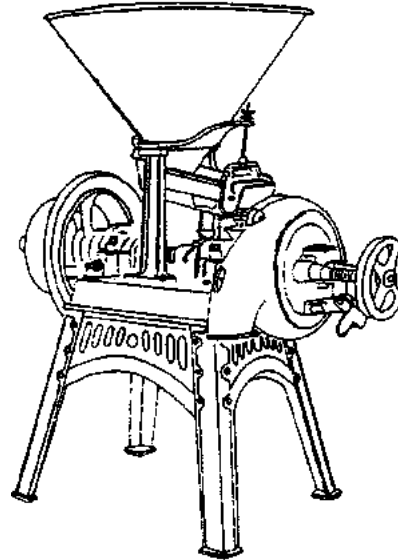
**Puissance requise: 2,6-5,2 kW**

**(selon vitesse)**

**Débit horaire: 60-200 kg**

**Poids: 150 kg (sans moteur)**

**Construit par:  
Etablissements Champenois  
(France)**



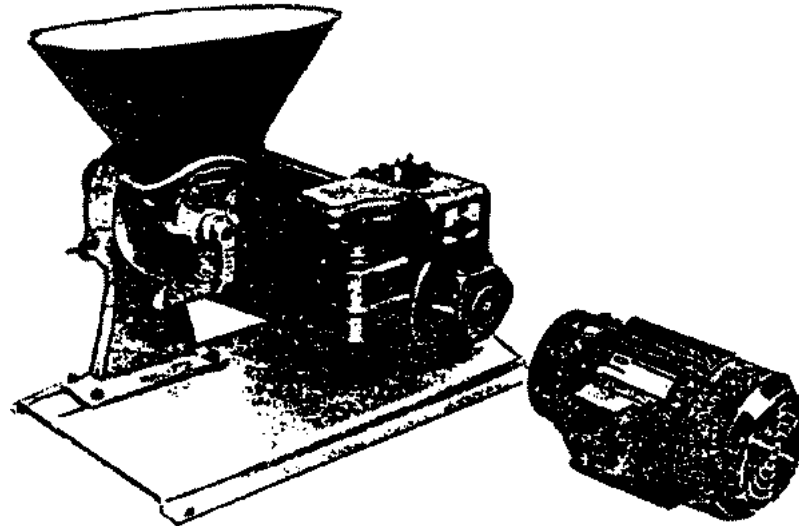
**Figure 30. Moulin à meules métalliques "Amuda"**

Un mécanisme à ressort assure le débrayage des meules si une matière dure pénètre dans la machine. Le dispositif d'alimentation à secousses est réglable. La machine convient à différentes céréales.

Son débit horaire peut atteindre 180 kg de produit sec avec un moteur de 3-3,7 kW

**Construit par:**  
**Rajan Universal Exports Pvt. Ltd.**  
**(Inde)**

**Source: ITDG (1985)**



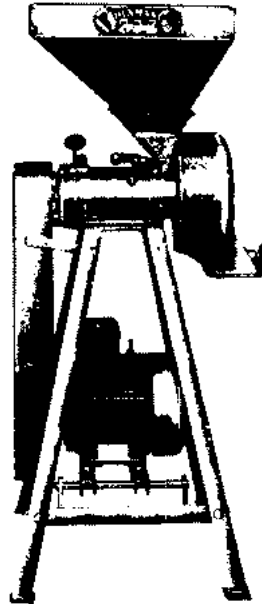
**Figure 31. Moulin  $\diamond$  meules m $\diamond$ talliques "Premier 127" sur socle**

**D $\diamond$ bit horaire maximal: 100 kg**

**Puissance requise: 0,7 - 1,5 kW**  
**(moteur  $\diamond$ lectrique ou  $\diamond$  essence)**

**Construit par:**  
**R. Hunt and Co. Ltd.**  
**(Royaume-Uni)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 32. Moulin  $\blacklozenge$  meules m $\blacklozenge$ talliques "Diamant S-10"**

**Poids: 105 - 340 kg**

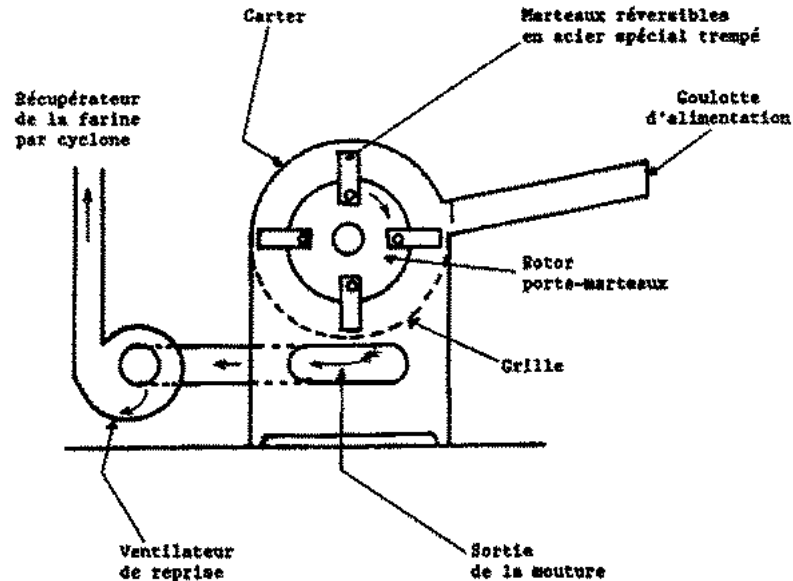


**D $\diamond$ bit horaire: 300 - 1 100 kg**

**Puissance requise: 3,7 - 11 kW**

**Construit par:**  
**ABC Hansen A/S**  
**(Danemark)**

**Source: ITDG (1985)**



### **Figure 33. Schéma d'un broyeur à marteaux**

Une grille semi-circulaire est disposée à la partie inférieure de la chambre de broyage. Le maïs doit être broyé assez fin pour que la mouture puisse passer à travers la grille; il existe différentes grilles pour les diverses sortes de farines. L'alimentation est assurée par une trémie placée au-dessus de la chambre de broyage.

Dans les broyeurs à marteaux, les grains sont écrasés lorsqu'ils frappent les marteaux, la grille métallique et le carter de la chambre de broyage, alors que, dans les moulins à meules, les grains sont cisailés. L'impact des grains les uns contre les autres contribue à leur fragmentation. La mouture reste dans la chambre de broyage jusqu'à ce qu'elle soit assez fine pour traverser la grille.

Le débit varie selon la puissance du moteur, la dimension des trous de la grille, la teneur en eau du maïs et la variété de maïs à laquelle on a affaire. À titre d'indication, le débit horaire par kW est de l'ordre de 74 kg pour du maïs contenant 16 pour cent d'eau et avec une grille à trous de 3 mm de diamètre. Dans les modèles plus puissants (plus de 5 kW), la reprise du produit broyé se fait par un ventilateur qui assure également son refroidissement et celui du broyeur. Dans les modèles plus petits (puissance inférieure à 5 kW), le produit est extrait par gravité à la base du broyeur.

Les figures 34 à 37 représentent divers broyeurs à marteaux.

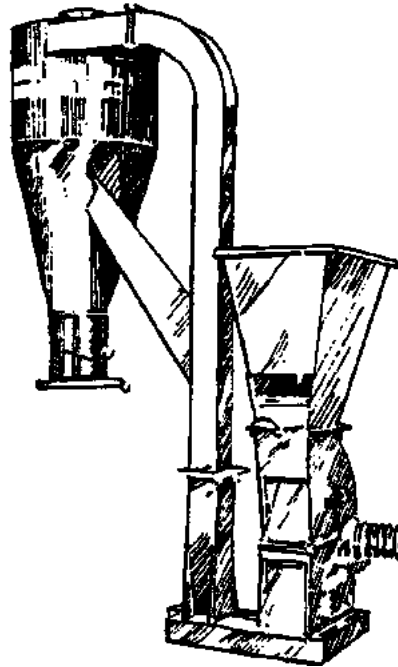
#### **4.4.3. Moulins à meules de pierre (naturelle ou artificielle)**

Dans les moulins à meules de pierre de type classique, le maïs en grains est déversé dans une trémie tronconique ou pyramidale d'où il est admis dans la chambre de broyage par un clapet. Dans certains modèles, un dispositif à secousses et une grille retiennent les grosses impuretés. La mouture des grains se fait par cisaillement entre deux meules à surface plate, de même diamètre et de même nature. L'une des meules est fixée à la

**paroi de la chambre de broyage, l'autre étant solidaire d'un arbre entraîné par une source d'énergie extérieure (moteur électrique ou diesel ou prise de force d'un tracteur). La figure 38 représente la section d'un moulin à axe horizontal.**

**Le maïs sortant de la trémie passe par un trou aménagé au centre de la meule fixe et pénètre dans l'interstice qui sépare les deux meules. Les grains sont broyés par le frottement de la meule rotative contre la meule fixe et chassés vers la périphérie. Les meules peuvent avoir un axe de rotation vertical ou horizontal. Le type vertical, illustré dans la figure 38, est le plus courant.**

**Selon la puissance de la machine, les meules sont en pierre naturelle (grès, silex) ou artificielle (aluminium, corindon, carbure de silicium, bakélite vitrifiée, etc.).**



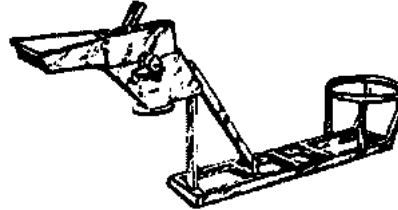
**Figure 34. Broyeur à marteaux "Kusinja"**

**Broyeur conçu pour être entraîné par un moteur diesel d'une puissance de 7-15 kW. Son débit est fonction de la puissance du moteur; 11 peut atteindre 150 kg/h avec un moteur de 7 kW et 400 kg/h avec un moteur de 15 kW.**

**Construit par:  
Brown and Clapperton Ltd.**

**(Malawi)**

**Source: Commonwealth Secretariat (1981)**



**Figure 35. Broyeur à marteaux "Atom"**

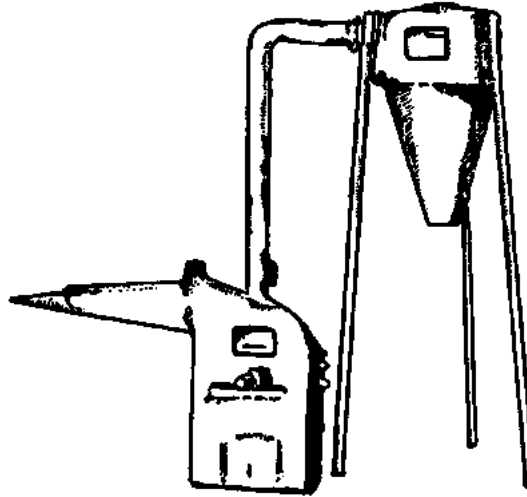
**Petit broyeur conçu pour être entraîné par un moteur de 3,7 à 5,2 kW. Il est équipé de marteaux réversibles, de grilles et de paliers hermétiques. Son débit horaire moyen est de 180 kg.**

**Construit par:**

**Brown and Clapperton Ltd.**

**(Malawi)**

**Source: Commonwealth Secretariat (1981)**



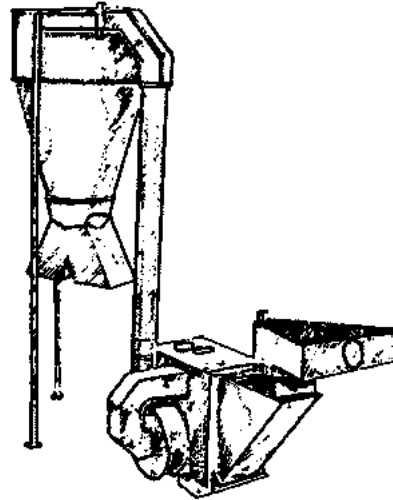
**Figure 36. Broyeur à marteaux "Manik"**

Ce broyeur, spécialement adapté à la mouture, existe en quatre modèles. Ses marteaux sont réversibles et peuvent être utilisés sur leurs quatre faces avant d'être changés. Une soufflante propulse la semoule ou la farine dans un cyclone muni d'une trémie d'ensachage

**Débit horaire: 90-1 100 kg**  
**Puissance requise: 6 - 45 kW**

**Construit par:**  
**Manik Engineers**  
**(République-Unie de Tanzanie)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 37. Broyeur à marteaux "Ndume"**

Il existe trois modèles de ce broyeur, spécialement conçu pour la mouture du maïs. Les marteaux sont réversibles. Une soufflante montée à la sortie de la chambre de mouture achemine le produit vers la trémie d'un cyclone. Le modèle ND20, le moins puissant, peut être entraîné par un moteur de 9-19 kW. Le modèle ND30 a un débit deux fois supérieur; il est équipé d'une grille spéciale qui renvoie au broyeur, pour y être broyées une nouvelle fois, les particules trop grossières. Il peut être entraîné par un moteur de 12 kW. Le modèle GM40 est spécialement conçu pour être accouplé à la prise de force d'un tracteur.

21/10/2011

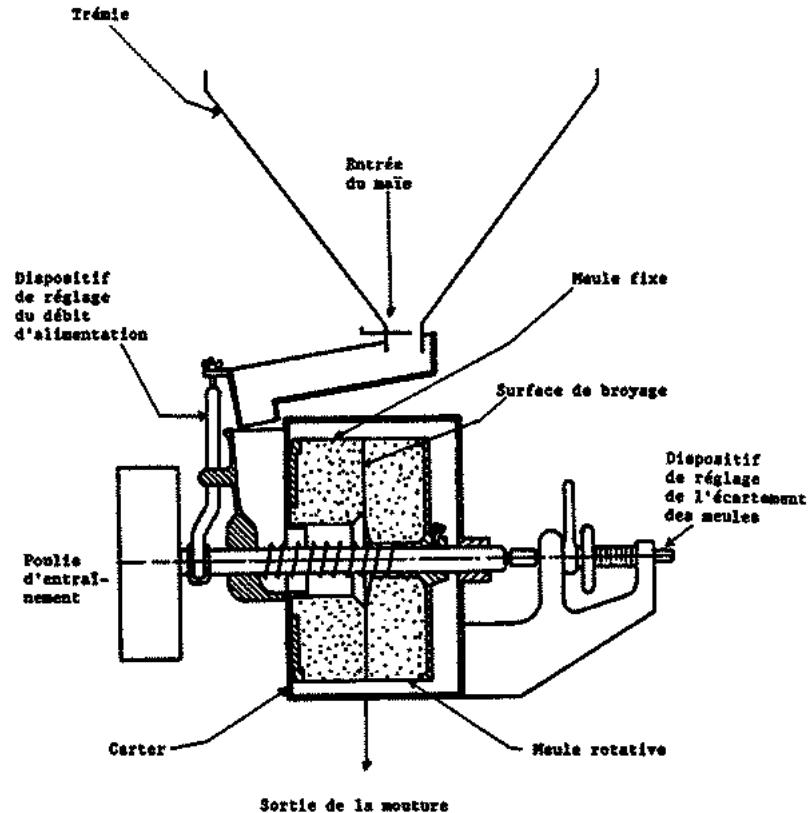
meister10.htm

**D♦bits horaires: 200 - 950 kg**

**Construit par:  
Ndume Products Ltd.  
(Kenya)**

**Source: ITDG (1985)**





**Figure 38.** Coupe verticale, schématisique, d'un moulin à meules de pierre, à moteur et à axe horizontal

**Le diamètre des meules est variable; il dépend des modèles et de leur importance. En raison de leur poids et de la difficulté à les caler en position verticale, les meules verticales ont un diamètre inférieur (20 -56 cm) à celui des meules horizontales (61 - 71 cm). On trouve cependant, chez certains fabricants, des meules verticales de 71 et 81 cm de diamètre et des meules horizontales de 30 et 41 cm. Dans les moulins à meules horizontales, les grains sont chassés vers la périphérie par la force centrifuge, alors que la pesanteur accélère leur chute dans les moulins à meules verticales.**

**La puissance des moteurs électriques des moulins à meules de pierre varie de 0,4 à 15 kW, selon le débit du moulin et le diamètre des meules. La puissance détermine la vitesse de rotation des meules, comprise entre 600 et 800 t/mn; les meules plus petites tournent plus vite que les plus grandes. Pour un moulin à meules de pierre horizontales de type courant, la vitesse maximale de rotation ne dépasse pas 400 - 500 t/mn avec des meules d'un diamètre supérieur à 61 cm.**

**Le débit de mouture est fonction de la puissance du moteur, de la vitesse de rotation et du diamètre des meules, de la variété de maïs et du degré de finesse désiré. Le débit horaire moyen d'un moulin à meules verticales est de 80 kg/kW, alors qu'il peut atteindre 107 kg/kW pour des meules horizontales de grand diamètre. Les débits horaires moyens des moulins à meules de pierre s'échelonnent donc de 33 à 1 600 kg selon la puissance du moteur, le diamètre et la position (verticale ou horizontale) des meules, le type de maïs et la finesse désirée.**

**Les meules peuvent être fabriquées en:**

- pierre naturelle;
- particules d'abrasif naturel agglomérées par du ciment ou un autre matériau approprié. D'autres composants, tels que l'éméri, le corindon, le grès ou le silex, peuvent être ajoutés à la masse;

- abrasif artificiel (carbure de silicium ou corindon artificiel ou mélange de ces deux matériaux agglomérés par un ciment d'oxychlorure de magnésium). Le carbure de silicium vitrifié ou qui a subi un traitement thermique aura une durée de vie accrue.

Les meules sont entourées d'ordinaire d'un carter métallique. Elles sont striées pour faciliter le cisaillement des grains et leur migration vers la périphérie des meules.

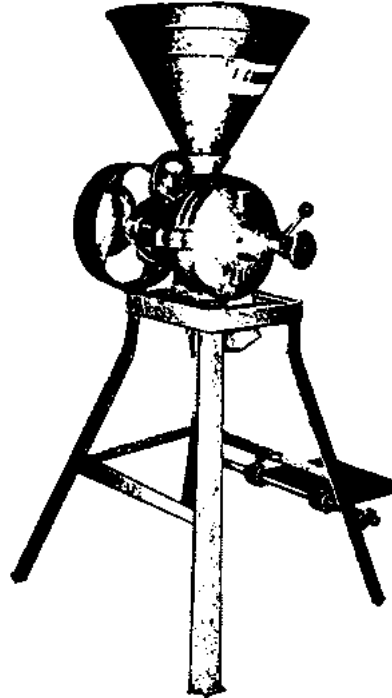
Le carter de la plupart des moulins à meules de pierre est en fonte; certains modèles ont encore un encoffrement de bois.

De nombreux pays en développement fabriquent des moulins à meules de pierre pour l'usage local ou l'exportation vers des pays voisins; les moteurs, par contre, sont souvent importés.

Les figures 39 à 43 présentent divers types de moulins à meules de pierre fabriqués dans des pays industrialisés ou des pays en développement.

#### 4.4.4. Rendements comparés des moulins à meules et des broyeurs à marteaux

Il ressort des données qui précèdent que les broyeurs à marteaux sont les mieux adaptés aux moutures fines. Les moulins à meules métalliques consomment en général davantage d'énergie que les broyeurs à marteaux lorsqu'on veut obtenir une mouture fine, en particulier lorsque les grains de maïs ont une forte teneur initiale en eau.



**Figure 39. Moulin  $\diamond$  meules de pierre "Junior"  $\diamond$  axe horizontal**

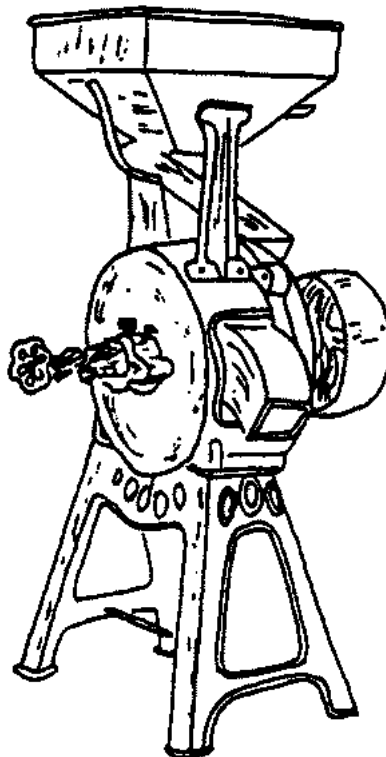
**Diam $\diamond$ tre des meules ( $\diamond$ meri-corindon): 200 mm**

**Vitesse de rotation: 450 t/mn**

**D $\diamond$ bit horaire: 100-200 kg**

**Puissance requise: 0,75 - 1,5 kW**

**Construit par:**  
**Etablissements A. Gaubert**  
**(France)**



**Figure 40. Moulin ♦ meules de pierre naturelle "DS"**

**Diamètre des meules: 400 mm**

**Débit horaire: 230 - 270 kg**

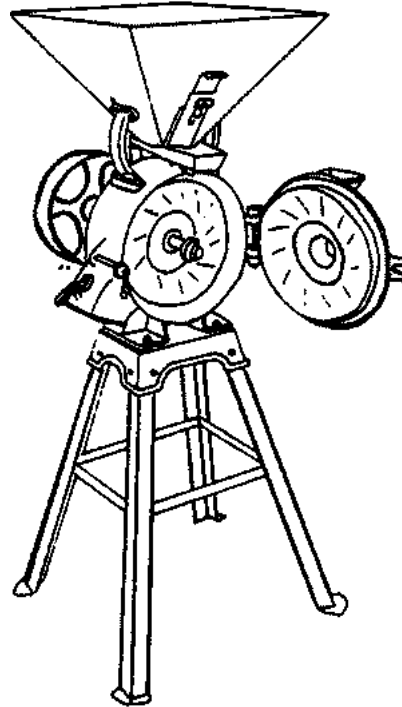
**Puissance requise: 4,5 - 5,2 kW**

**Construit par:**

**Dandekar Brothers**

**(Inde)**

**Source: ITDG (1985)**



**Figure 41. Moulin de meules de pierre "Le Moderne"**

**Moulin équipé de meules de 300 mm de diamètre en carbure de silicium aggloméré et d'un réglage par vis de la finesse de mouture.**

**Débit horaire: 100 - 350 kg**

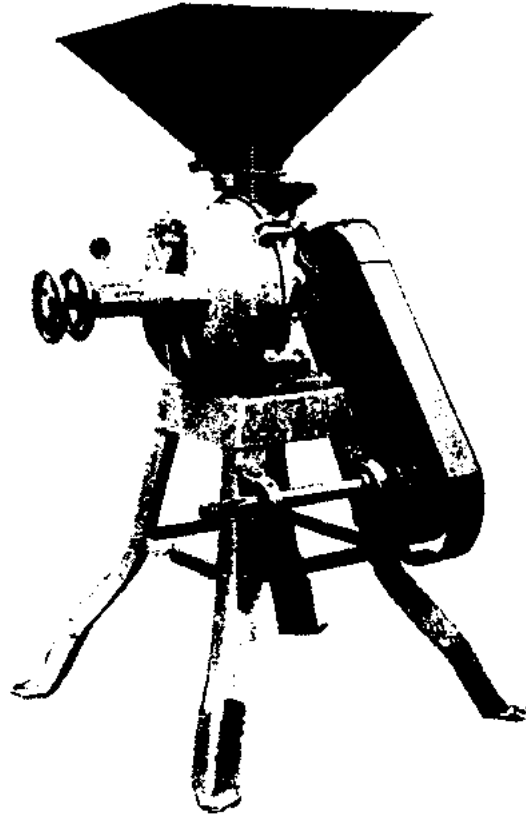
**Puissance requise: 2,6 - 3,7 kW**

**Construit par:**

**Renson Landrecies S.a.r.l.  
(France)**

**Source: ITDG (1985)**





**Figure 42. Moulin  $\diamond$  meules "Reixit"**

**Moulin  $\diamond$  meules verticales en corindon vitrifi $\diamond$  d'un diam $\diamond$ tre compris entre 250 et**

**300 mm.**

**Vitesse de rotation: 700-800 t/mn**

**Distribution  $\diamond$  secoueur r $\diamond$ glable par levier.**

**Volant de r $\diamond$ glage de la finesse de mouture.**

**Le mod $\diamond$ le illustr $\diamond$  (MII V) comprend un adaptateur pour prise de force.**

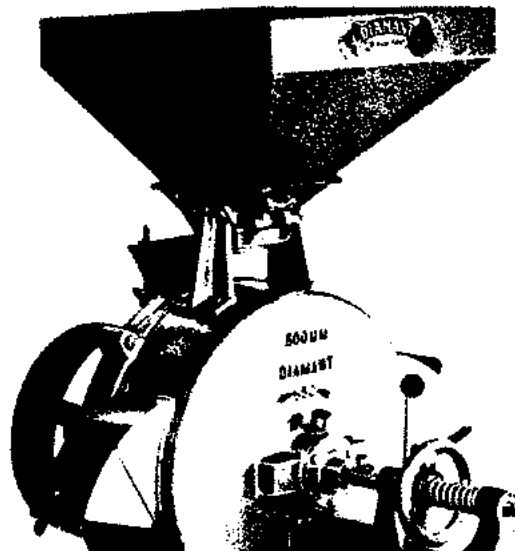
**D $\diamond$ bits horaires: 150-300 kg (selon mod $\diamond$ le)**

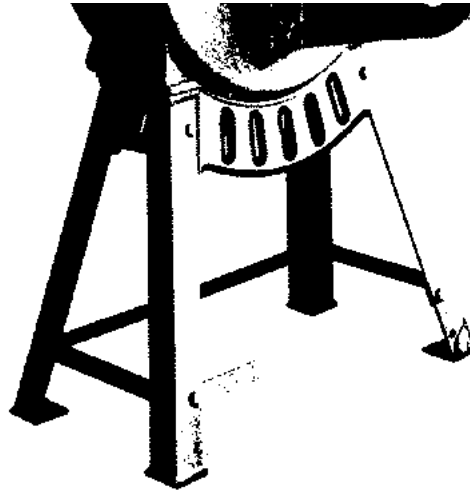
**Puissance requise: 2,2 - 3,7 kW**

**Construit par:**

**Etablissements Tixier Fr $\diamond$ res**

**(France)**





**Figure 43. Moulin "Diamant" ♦ meules de pierre verticales**

**Diamètre des meules: 300, 400 ou 500 mm (selon modèle)**

**Vitesse de rotation: 525-750 t/mn**

**Puissance requise: 1,5 - 11 kW**

**Débit horaire: 100 - 700 kg**

**Poids (avec moteur électrique): 170 - 450 kg**

**Construit par:**

**ABC Hansen A/S**

**(Danemark)**

**L'exploitation des moulins ♦ meules métalliques semble donc devoir ♦tre plus on♦reuse.  
Pour améliorer le rendement des moulins ♦ meules métalliques, on peut piler ou aplatir**

**le grain avant la mouture; cette opération est superflue avec les broyeurs à marteaux.**

**Les broyeurs à marteaux de grande capacité sont équipés de soufflantes qui refroidissent les pièces de la machine et la mouture produite. Ces équipements n'existent en général ni dans les moulins à meules métalliques, ni dans les moulins à meules de pierre. Toutefois, comme une élévation de la température du maïs moulu peut réduire sa valeur nutritive et sa durée de conservation, les constructeurs de meules recommandent de ne pas dépasser la vitesse optimale de rotation de plus de 25 pour cent.**

#### **4.4.5. Maintenance des moulins et broyeurs à moteur**

**Un entretien régulier s'impose si l'on veut que ces machines conservent un bon rendement. Toutes les pièces mobiles, en particulier, seront périodiquement lubrifiées (chaque semaine, par exemple).**

**Nombre de meules et de marteaux sont réversibles et peuvent être utilisés un certain temps avant de devoir être affûtés, retouchés ou remplacés, selon les cas. En général, les marteaux doivent être affûtés chaque semaine et les meules métalliques, toutes les trois à quatre semaines. En cas d'usure excessive, on peut rendre à certains marteaux en acier leur forme initiale en les rechargeant par soudage. Si l'on utilise un matériau approprié, l'extrémité rechargée peut être plus résistante et par conséquent plus durable que la pièce d'origine. Les pierres naturelles, quant à elles, s'usent plus rapidement que les pierres artificielles et doivent être retournées ou remplacées plus régulièrement; elles sont cependant moins coûteuses à l'achat. Il convient de souligner que la durée de vie des organes de broyage (marteaux ou meules) peut être prolongée si l'on élimine les corps étrangers d'origine minérale (les fragments de pierre et de métal et le sable, par exemple) avant de procéder à la mouture du grain.**

#### **4.5. Appareils à cylindres**

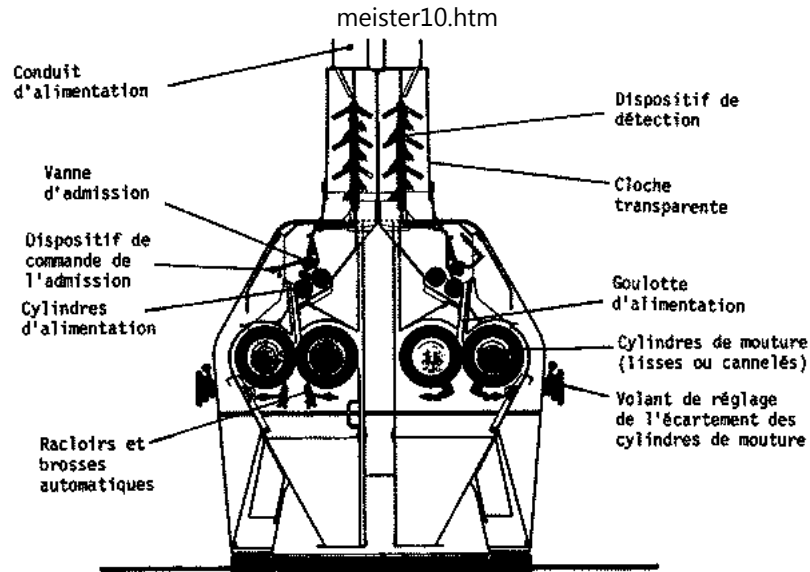
**Les appareils à quatre cylindres ont, par rapport aux moulins et aux broyeurs que l'on vient de décrire dans les sections précédentes, une production supérieure (exception faite des petits appareils à quatre cylindres fabriqués en Inde). La gamme de leurs moutures est aussi plus étendue. Comme on l'a mentionné au chapitre 1, la durée de conservation des farines qu'ils produisent est beaucoup plus longue que celle des farines sortant des moulins traditionnels, puisque les premières sont dégermées.**

**La figure 44 représente, schématiquement, la coupe d'un appareil moderne à quatre cylindres.**

**La figure 45, quant à elle, expose la séquence des opérations dans une installation de mouture à quatre cylindres. Ces opérations sont les suivantes:**

- nettoyage;
- conditionnement par mouillage;
- décorticage, dégermage;
- calibrage et aspiration;
- broyage;
- blutage, purification et aspiration; et
- ensachage.

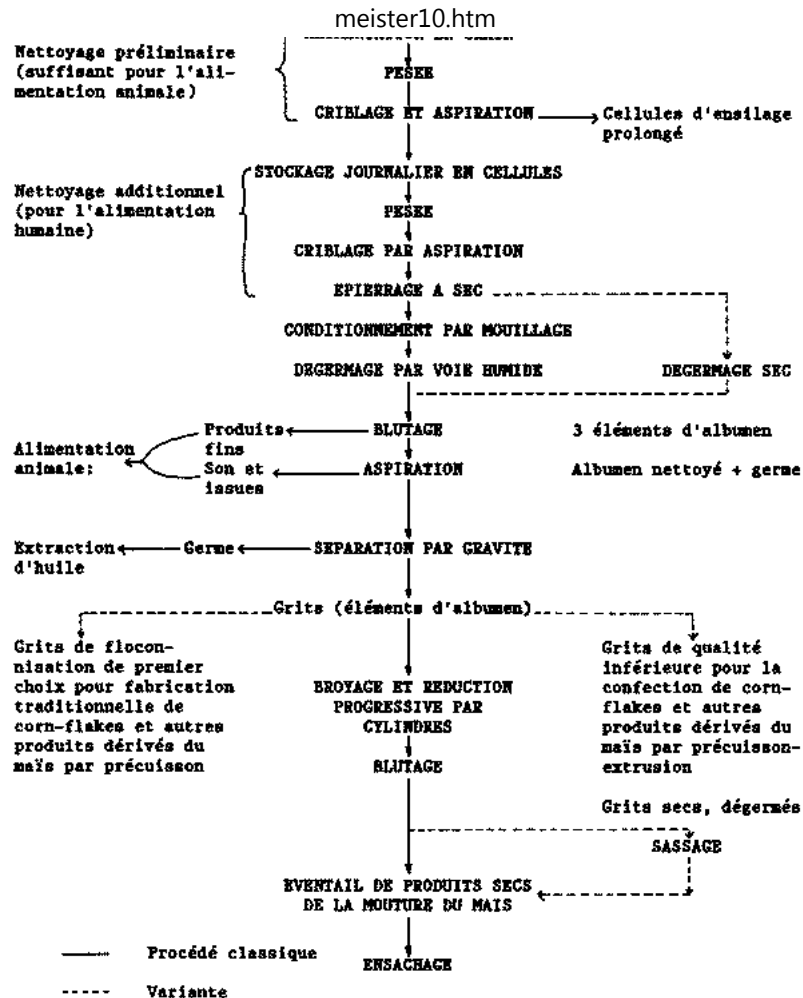
**Elles sont décrites succinctement ci-dessous.**



**Figure 44.** Coupe verticale, schématique, d'un appareil moderne à quatre cylindres

Un dispositif sensible, situé à l'intérieur de la cloche transparente qui surmonte la machine, commande automatiquement la vanne d'admission au passage du produit. Les cylindres de mouture, cannelés ou lisses, sont en fonte spéciale. Ils sont équipés de racloirs et couteaux et de brosses autoréglables. Leur refroidissement par l'eau facilite le blutage qui suit. L'emploi de dispositifs pneumatiques pour l'alimentation de la machine et pour l'embrayage et le débrayage des cylindres permet d'éliminer tous les composants électriques et d'éviter ainsi tout risque d'explosion.

**Sources: Böhler (Suisse), OCRIM (Italie)**



## **Figure 45. Séquence des opérations dans une installation de mouture à cylindres**

### **Nettoyage**

Cette opération a pour but de séparer du maïs, par criblage et aspiration, les corps étrangers d'origine végétale, animale ou minérale. Un aimant incorporé dans le crible assure la séparation magnétique des fragments métalliques. Un dispositif d'épierrage (humide ou sec) est offert en option par certains constructeurs.

### **Conditionnement par mouillage**

Le maïs doit être ensuite conditionné avant de subir un dégermage. Le conditionnement a pour but:

- de désagréger les grains;
- d'humidifier le germe en vue de le rendre plus résistant et plus facile à séparer;
- de désagréger le son de manière à ce qu'il soit plus facile à séparer;
- d'humidifier l'albumen avant broyage, afin d'obtenir le maximum de grits et le minimum de farine.

En général, le conditionnement est réalisé dans un mélangeur-transporteur par apport de vapeur ou d'eau chaude, afin de donner au grain une teneur en eau de 14 à 22 pour cent environ. La teneur en eau de l'albumen n'augmente que légèrement, car le grain ne reste que peu de temps dans le dégermeur. On peut également tremper le grain dans de l'eau froide; cette pratique est fréquente dans les pays en développement où la mise en place et l'exploitation d'installations de production de vapeur coûtent cher. Si l'on veut obtenir une teneur en eau constante de 15 pour cent environ, la durée de trempage peut atteindre 16 h. Le maïs subit ensuite un second trempage de 10 à 20 minutes pour lui ajouter 1 à 2 pour cent d'eau, ce qui augmente la résistance du son et du germe. On peut



**aussi, avant de passer au second trempage, tremper le maïs pendant 4 à 5 h pour que sa teneur en eau se stabilise autour de 16 pour cent.**

### **Dégermage**

**Le dégermage, qui inclut le décorticage, est l'une des opérations clés de la mouture dans les appareils à cylindres. Il se fait en général par attrition. Le son est enlevé par frottage, le germe détaché ou excisé et le grain cassé en deux ou plusieurs morceaux lors de son passage dans le dégermeur. On obtient ainsi deux groupes distincts de matières: des particules plus grosses, principalement des morceaux d'albumen, et des particules plus fines (farine, son et germe).**

**Il peut être nécessaire, lorsque le grain a été conditionné à la vapeur ou à l'eau chaude, de sécher les particules avant de poursuivre. Lorsque le maïs a été traité à l'eau froide, sa teneur en eau est inférieure et le produit peut être transformé dès sa sortie du dégermeur. Les petites usines, d'une capacité de 2 t/h, par exemple, peuvent pratiquer le dégermage sec. Tout en permettant la production économique d'une vaste gamme de grits et de farines, le dégermage sec permet également de séparer le germe et le son du maïs. Il offre un certain nombre d'avantages (consommation d'énergie, entretien et conditionnement réduits). En outre, il ne requiert aucune infrastructure pour la production de vapeur et le séchage des produits finis. Toutefois, il peut être nécessaire de conditionner les grains entiers pour porter leur teneur en eau à 15 pour cent environ et éviter ainsi une cassure de l'albumen pendant la transformation ainsi qu'une production de grits fins.**

### **Autres opérations**

**Quelle que soit la méthode de dégermage adoptée, l'albumen, le son et le germe sont ensuite blutés, aspirés et triés afin de retirer le son (qui entre dans la préparation de produits alimentaires pour animaux), le germe (dont on extrait de l'huile) et les fragments**

**d'albumen (qui seront broyés).**

**L'albumen est broyé dans un convertisseur à cylindres; on obtient ainsi des farines d' germées de première qualité. Les restes de germe ou de son adhérent à l'albumen sont aspirés lors du passage au convertisseur. Par blutage et purification, les fragments d'albumen d' germés et moulus sont triés en divers produits pour répondre aux goûts des consommateurs locaux. Selon la méthode de d'germage adoptée, il peut être nécessaire de sécher les produits finis pour que leur teneur en eau (12-14 pour cent, en général) favorise une bonne conservation.**

### **Ensachage**

**C'est au stade de l'ensachage que les appareils à cylindres offrent une plus grande souplesse lorsqu'il s'agit de choisir entre un procédé manuel ou un procédé mécanisé. Le degré de mécanisation dépend du produit à ensacher, de la dimension des sacs et du coût des intrants (matériel et main-d'oeuvre) (Uhlig et Bhat, 1979),**

**On a le choix entre trois procédés: manuel, semi-automatique et automatique. Ces procédés peuvent être utilisés indifféremment par les grands et les petits moulins. Toutefois, les dépenses en équipement et en personnel seront étudiées avec soin en fonction de la quantité de produit à ensacher. Les ensacheuses entièrement automatiques fonctionnent au-dessous de leur capacité, même dans les grands moulins.**

**Ces trois procédés d'ensachage sont brièvement décrits ci-dessous:**

### **Ensachage manuel**

**L'ensachage manuel comprend la pesée du produit, l'ouverture du sac et son remplissage, le tassement du contenu, la mise en forme et la fermeture du sac; chacune de ces opérations requiert un travailleur. Les dépenses d'équipement se limitent à l'achat de**

sièges pour les ensacheurs, d'une table de travail, de chariots pour le transport du produit des trémies à l'aire d'ensachage, de balances de type simple et de pelles. Si l'équipement est peu dispendieux, les coûts de main-d'oeuvre, par contre, sont relativement élevés.

### Ensachage automatique

Les opérations réalisées sur une chaîne d'ensachage entièrement automatique sont les mêmes que celles que l'on vient de décrire pour le procédé manuel. Le matériel n'exige aucune intervention humaine. Les besoins directs en main-d'oeuvre se limitent, dans ce cas, à un surveillant par poste de travail.

### Ensachage semi-automatique

Dans ce procédé, les sacs sont mis en place à la main sous la goulotte de remplissage au lieu d'être présentés et retirés automatiquement comme dans le procédé précédent. Les besoins de main-d'oeuvre sont d'environ deux travailleurs par poste. Toutes les autres opérations se déroulent de la même manière que dans l'ensachage entièrement automatique.



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

 Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)

  **CHAPITRE 5. ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET INFRASTRUCTURE NECESSAIRE**

 *(introduction...)*

 **5.1. Compétences requises**



## 5.2. Besoins en infrastructure

**Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

### CHAPITRE 5. ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET INFRASTRUCTURE NECESSAIRE

**Une bonne organisation de la production et une infrastructure convenable sont essentielles à l'exploitation rationnelle des moulins industriels qui, outre la transformation des grains, doivent assurer le stockage des matières premières et de la production, l'ensachage des farines, etc. Selon les circonstances, les moulins industriels de faible ou moyenne importance procèdent également à l'égrenage et au nettoyage du maïs ainsi qu'à un blutage partiel de la farine complète afin d'en éliminer les particules de son et de germe de gros calibre.**

**Les conditions ci-dessus revêtent une importance beaucoup plus grande pour les moulins à cylindres, qui exigent par ailleurs un management efficace des installations. Pour ce qui est des moulins à façon, qui ne font que transformer le maïs-grain apporté par leurs clients, ils peuvent se contenter d'une infrastructure et d'une gestion moins étudiées.**

**Conformément à l'objectif du dossier, ce chapitre traitera surtout de l'organisation de la**

**production, des besoins en infrastructure et en personnel d'encadrement des moulins façon et des petits moulins Industriels.**

### **5.1. Compétences requises**

**L'exploitation des installations de mouture appelle des compétences qu'il est possible d'acquérir assez rapidement grâce, par exemple, à une formation sur le tas. Il suffit que l'exploitant sache adapter ses installations à la production de divers types de farines et à la transformation de diverses catégories de grains. Par contre, la maintenance et la réparation de l'équipement exigent de bonnes connaissances en mécanique et, dans certains cas, des notions d'électricité. Le remplacement des pièces défectueuses, la remise en état des marteaux et des meules, l'entretien des moteurs électriques, diesels ou essence, en particulier, nécessitent une main-d'oeuvre qualifiée. Enfin, la recherche d'un rendement accru peut amener l'exploitant à concevoir et à fabriquer des dispositifs accessoires simples.**

**Pour assurer ces travaux de maintenance et de réparation et mettre au point d'éventuels perfectionnements, il faut un personnel formé dans des écoles techniques ou des centres de formation. Il pourra être nécessaire de leur donner une formation complémentaire dans d'autres moulins.**

**Les exploitants de moulins artisanaux doivent assurer eux-mêmes tous les travaux de maintenance et de réparation; le recours à une main-d'oeuvre extérieure serait en effet trop dispendieux. Par contre, les exploitants des moulins industriels pourront avoir intérêt à s'assurer le concours à temps complet d'un agent qualifié, surtout s'ils ont eux-mêmes la charge de la gestion et de la marche du moulin et s'occupent également de l'achat du grain et de la commercialisation des produits.**

### **5.2. Besoins en infrastructure**

**L'infrastructure requise dépend du type et de la capacité de production du moulin ainsi que de la nécessité d'assurer le stockage des matières premières ou de la production ou des deux. Il importe également de savoir si le moulin procède ou non des opérations de prémouture (grenage, nettoyage, etc.) ou de postmouture (blutage, ensachage, etc.).**

**Selon le type de moteur adopté, les moulins auront besoin d'une ligne d'alimentation électrique, de dépôts d'essence ou de gasoil, etc. Dans les régions où l'alimentation en électricité n'est pas fiable, les exploitants auront intérêt à utiliser des moteurs à essence ou des moteurs diesels pour éviter des arrêts de production qui peuvent coûter cher. Si l'électricité est nettement moins chère que les autres sources d'énergie, ils devraient étudier la possibilité d'installer un générateur pour suppléer aux coupures éventuelles de courant.**

**Les locaux qui abritent les installations de transformation du maïs et les magasins devraient être bien ventilés, en raison de l'importante quantité de poussières produites par les opérations. Un éclairage convenable sera prévu lorsque le moulin fonctionne avec deux équipes.**

**La toiture sera faite d'un matériau approprié afin d'éviter que le maïs et les farines soient endommagés par la pluie. Le sol sera de préférence cimenté afin de réduire au minimum les risques de contamination des produits par du sable ou de la terre et de faciliter le nettoyage du sol.**

### **Superficie et volume nécessaires**

**L'espace exigé par les différents types de moulins et pour diverses échelles de production est fonction de la nature des opérations (grenage, mouture, blutage, ensachage, etc.), de la nécessité de stocker les matières premières et la production, de la source d'énergie adoptée, etc. Il faut donc disposer au préalable de données précises sur le type et les caractéristiques des machines à installer.**

**En raison de la diversité des circonstances, nous nous bornerons des indications de caractères généraux applicables des moulins de type classique dont la production varie de 1 à 8 t par journée de travail de 8 h. Le tableau 10 indique la surface à prévoir au sol pour chaque opération, local de stockage, bureaux et matériel, l'exclusion des opérations précédant ou suivant immédiatement la transformation (grenage, séchage, blutage); si l'on veut effectuer tout ou partie de ces opérations, il faudra prévoir une surface additionnelle correspondante.**

**On déterminera le volume des magasins sur la base de 2 m<sup>3</sup> par tonne de grain en sacs et de 1 m<sup>3</sup> par tonne de farine. Le grain stocké en vrac requiert moins d'espace (environ 1,5 - 1,7 m<sup>3</sup>/tonne). On estime avoir besoin d'une réserve de grain et de farine pour 6 jours, mais ce chiffre varie évidemment selon les circonstances.**

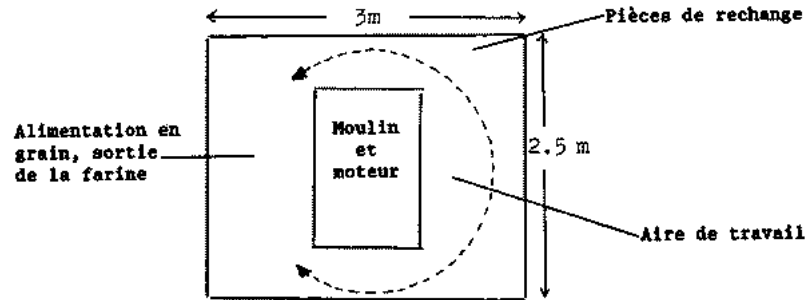
**La figure 46 illustre la disposition type d'un moulin à meules de pierre horizontales fonctionnant à l'électricité et ayant une capacité de production de 2 t de maïs par poste de 8 h (moulin n°2 du tableau 10). Il s'agit d'un moulin à façon ne comportant aucune aire de stockage, les clients apportant leur grain et repartant avec la farine complète.**

**La figure 47 représente le plan de situation d'une installation similaire fonctionnant à la fois comme petit moulin industriel et comme moulin à façon (moulin n°3 du tableau 10). Dans ce cas, la surface totale au sol est supérieure, car on a alors besoin d'une aire de stockage pour le grain et pour la farine.**

**La figure 48 montre la disposition type d'un broyeur à marteaux fonctionnant à l'électricité, d'une capacité de production de 4 t par poste de 8 h (moulin n°5 du tableau 10). Ce type d'installation nécessite des magasins suffisamment importants pour le grain et pour la farine, ainsi qu'une aire d'ensilage et des bureaux. Un broyeur de même capacité, mais entraîné par un moteur diesel, exige une surface au sol additionnelle pour le moteur et pour la citerne de gasoil (voir la figure 49).**

Le plan type des autres installations envisagées dans le tableau 10 est similaire aux aménagements illustrés par les figures 46 et 49.

Les moulins modernes à cylindres exigent une infrastructure plus importante. La disposition rationnelle des installations revêt une importance primordiale pour l'utilisation optimale de l'espace disponible. On trouvera à la figure 50 le plan général d'un moulin à cylindres à trois étages d'un débit horaire de 2 000 kg; le grain passe d'un étage à l'autre par gravité. On peut aussi envisager un bâtiment d'un seul étage ayant une surface au sol plus grande, mais sa hauteur doit être suffisante pour que l'on puisse faire remonter les produits à chaque stade du cycle des opérations.

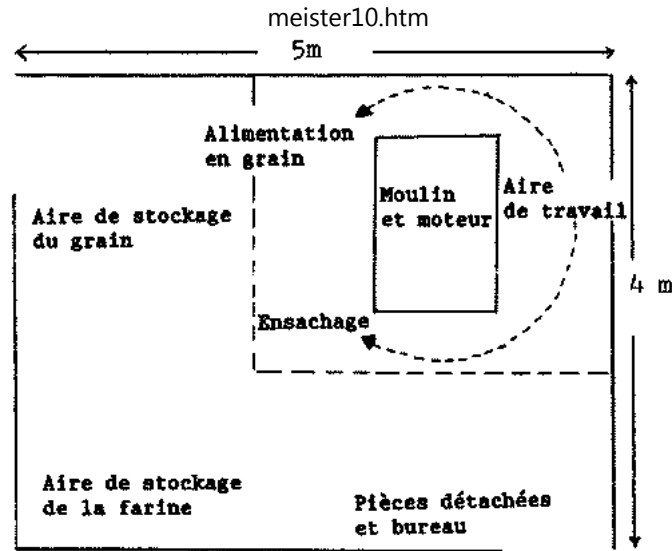


**Figure 46.** Petit moulin électrique à meules de pierre horizontales (marche à façon, 2 t de grain/poste de 8 h)

**Echelle:** 1 cm = 0,5 m

**Superficie totale:** 7,5 m<sup>2</sup>

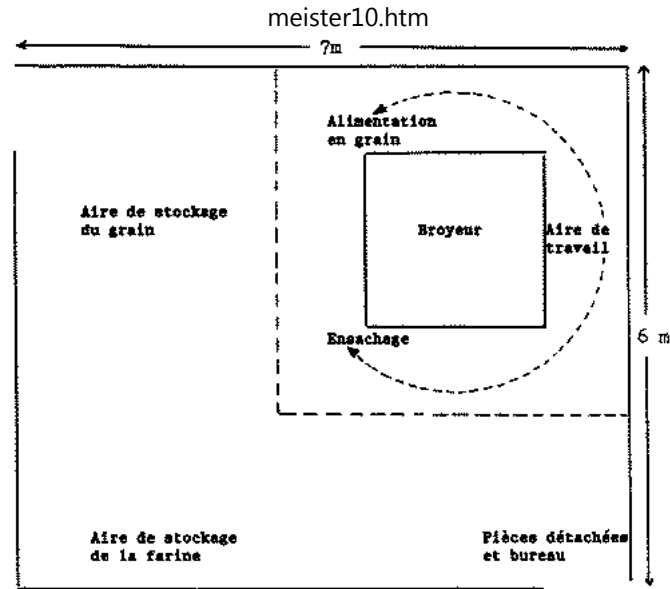




**Figure 47. Petit moulin électrique meules de pierre horizontales (exploitation industrielle, 2 t de grain/poste de 8 h)**

**Echelle: 1 cm = 0,5 m**

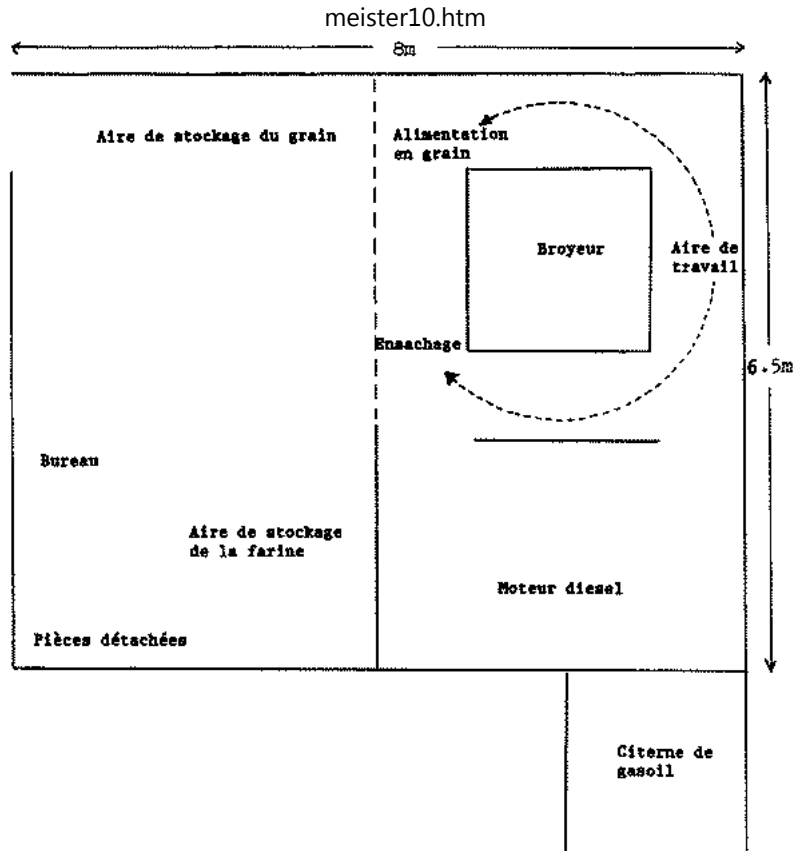
**Superficie totale: 20 m<sup>2</sup>**



**Figure 48. Broyeur à marteaux électrique (Exploitation industrielle, 4 t de grain/poste de 8 h)**

**Echelle: 1 cm = 0,5 m**

**Superficie totale: 42 m<sup>2</sup>**



**Figure 49. Broyeur  $\diamond$  marteaux  $\diamond$  moteur diesel (Exploitation industrielle, 4 t de grain/poste de 8 h)**

**Echelle: 1 cm = 0,5 m**

**Superficie totale: 56 m<sup>2</sup>**

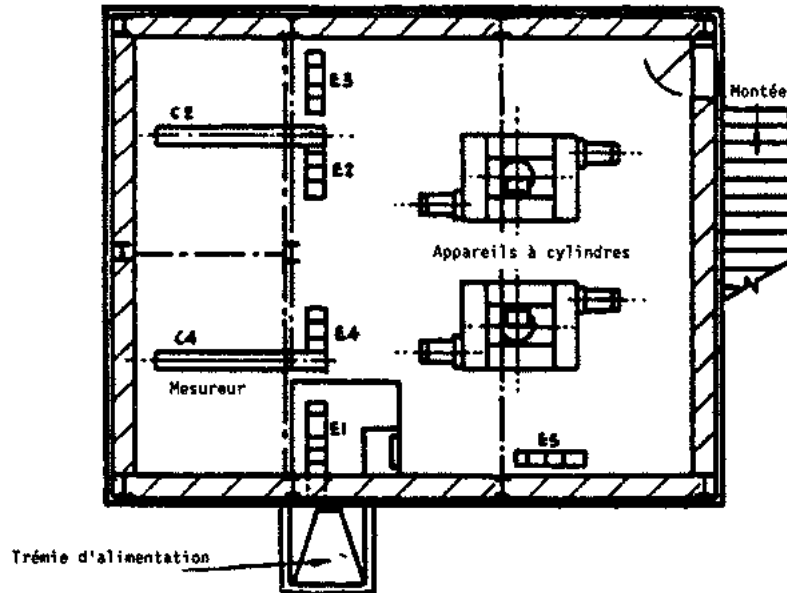
**Tableau 10**

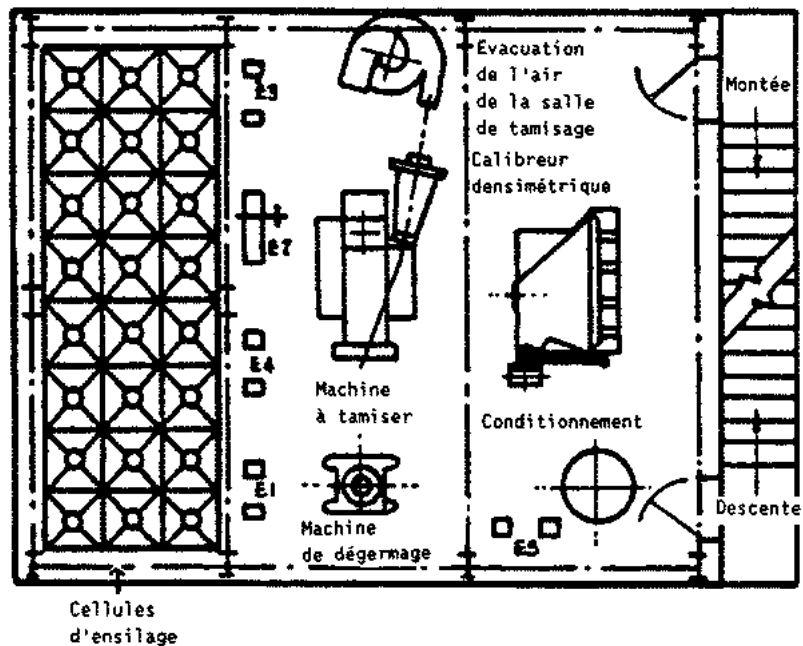
**Surface au sol pr $\diamond$ conis $\diamond$ e pour diff $\diamond$ rents types de petits moulins**

<b>Moulin n°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Type de moulin/broyeur*	M	P	P	B	B	B
Capacit $\diamond$ de production (t/8h)	1	2	2	4	4	8
	<b>Surface au sol (m<sup>2</sup>)</b>					
1. Moulin/broyeur $\diamond$ lectrique	1	1,5	1,5	4	4	9
2. Alimentation en grain	1	1,5	1,5	2	2	4
3. Ensachage	1	1	2	2	4	6
4. Stockage du grain en sacs	-	-	6	-	12	24
5. Stockage de la farine en sacs	-	-	3	-	6	12
6. Aire de travail (y compris la maintenance)	2	2,5	2,5	4	7	7
7. Pi $\diamond$ ces de rechange	1	1	1	1	1	2
8. Bureau	-	-	2,5	-	6	6
9. Moteur diesel	-	-	-	10	10	12
10. Citerne de gasoil	-	-	-	4	4	4
11. Total moteur $\diamond$ lectrique	6	7,5	20	13	42	70
12. Total moteur diesel	-	-	-	27	56	86

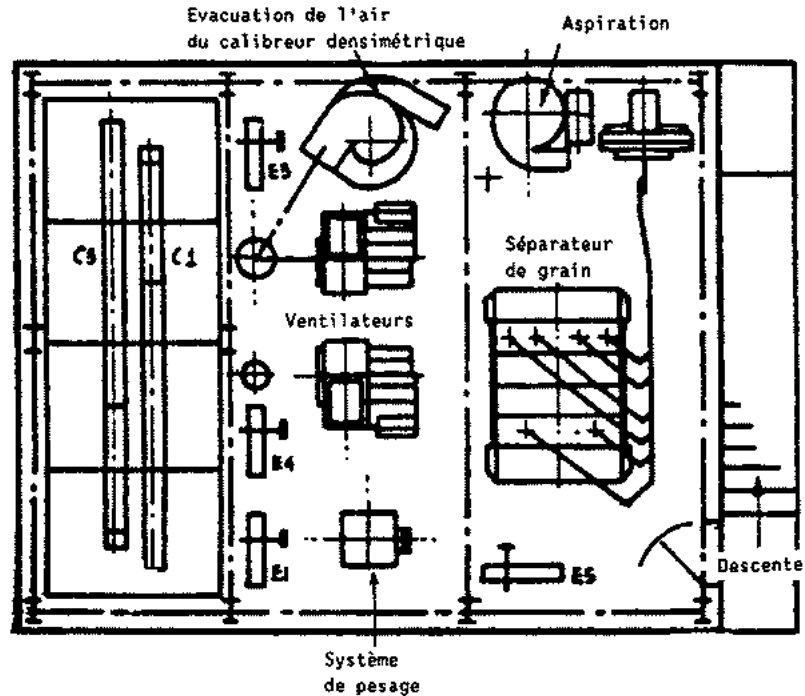
**\* M = Moulins  $\diamond$  meules m $\diamond$ talliques**

**P = Moulins  $\diamond$  meules de pierre horizontales**

**B = Broyeurs ♦ marteaux****Figure 50. Plans de situation d'un moulin ♦ cylindres de trois ♦ tages (Exploitation industrielle, 2 t de grain/h)****Rez-de-chaussée**



**Premier étage**



## Deuxième étage



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

Production de Farine de Maïs Petite échelle (CTA - ILO - WEP,



1990, 140 p.)

- ➔ □ **CHAPITRE 6. METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES COUTS DE PRODUCTION**
  - 📄 **6.1. Introduction**
  - 📄 **6.2. Détermination de l'échelle et du type de production**
  - **6.3. Estimation des coûts de production**
    - (introduction...)*
    - 📄 **6.3.1. Amortissement des bâtiments et de l'équipement**
    - 📄 **6.3.2. Maintenance et réparation des installations**
    - 📄 **6.3.3. Consommation d'énergie**
    - 📄 **6.3.4. Loyer du terrain**
    - 📄 **6.3.5. Coûts de main-d'oeuvre**
    - 📄 **6.3.6. Coûts d'ensachage et d'emballage**
    - 📄 **6.3.7. Intérêts sur le fonds de roulement**
    - 📄 **6.3.8. Coût unitaire de la farine de maïs produite par de petits moulins**
    - 📄 **6.3.9. Coût unitaire de production des farines converties dans des appareils cylindres**
  - 📄 **6.4. Deux exemples d'application de la méthode d'estimation**

**Production de Farine de Maïs à Petite échelle (CTA - ILO - WEP, 1990, 140 p.)**

**CHAPITRE 6. METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES COUTS DE PRODUCTION**

**6.1. Introduction**

**Les entrepreneurs qui souhaitent mettre sur pied une installation de production de farines**



de maïs n'ont, en général, pas beaucoup de choix en ce qui concerne leur échelle de production. Celle-ci aura été déterminée par le capital dont ils disposent et par la demande du marché. C'est en fonction de ces deux facteurs que leur choix se portera sur un moulin à façon, sur un petit moulin industriel, sur un broyeur à marteaux ou sur un appareil à cylindres de moyenne ou grande capacité. Toutefois, dans une fourchette donnée, l'investisseur peut choisir entre divers types de moulins (petits moulins à meules métalliques ou à meules de pierre ou petits broyeurs à marteaux, par exemple). Il voudra par ailleurs étudier la rentabilité de certaines opérations précédant ou suivant la mouture (grenage, blutage, ensachage, etc.). En fonction de l'échelle de production fixée, il pourra ainsi estimer les dépenses et les recettes correspondant à chaque variante afin de trouver la solution la plus rentable. Le but de ce chapitre est de proposer une méthodologie relativement simple pour l'étude des incidences économiques de diverses techniques de production de farines de maïs, méthodologie qui s'applique surtout aux petites installations artisanales ou industrielles. Les personnes qui désirent investir dans un grand moulin à marteaux ou à cylindres devraient s'adresser à un bureau d'études qualifié afin d'obtenir une estimation fiable de la rentabilité de l'opération.

## 6.2. Détermination de l'échelle et du type de production

Pour déterminer l'échelle de production, il faut, en premier lieu, identifier le marché à approvisionner. Pour les petits moulins d'une capacité de production de 1 à 8 t/jour, le marché potentiel pourra être un village ou un groupe de villages, une circonscription ou une région du pays. La région constitue probablement le marché le plus grand pour des moulins d'une capacité de 8 t/jour. À l'échelle du pays, la production est en général l'affaire des grands moulins.

Le marché une fois délimité, il convient d'estimer le volume de maïs à traiter pour l'approvisionner; on étudiera donc les informations dont on dispose sur la consommation

**de farine de maïs. A défaut d'informations suffisantes, on procédera à une étude de marché afin d'éviter une sous-utilisation du moulin si la demande a été surestimée. On tiendra compte des sources d'approvisionnement existantes, telles que les moulins locaux déjà installés ou les fournisseurs des zones ou des régions voisines. L'investisseur peut ainsi calculer sa part potentielle du marché.**

**Il s'agit alors de déterminer s'il sera possible de trouver le maïs nécessaire. Dans les pays en développement, beaucoup de petits moulins ont été contraints de fermer ou de travailler à une fraction seulement de leur capacité faute d'un approvisionnement suffisant. Il faut aussi tenir compte de la concurrence des autres moulins locaux comme de celle des grands moulins situés dans les zones urbaines. En outre, dans certains pays, le gouvernement peut donner la priorité aux grands établissements, pour l'approvisionnement en maïs, notamment lorsqu'ils appartiennent à l'Etat. Ainsi, un moulin peut se voir contraint d'adopter une échelle de production inférieure à celle qui correspondrait à la demande estimée, par suite d'un approvisionnement en maïs insuffisant.**

**Une fois le volume de la production annuelle de farine de maïs déterminé, il faut estimer la capacité de production du moulin. Celle-ci est fonction des pointes de production lorsque, faute de moyens suffisants de stockage du maïs ou à cause des fluctuations de la demande, il n'est pas possible de maintenir une production constante toute l'année. Il peut arriver ainsi qu'un moulin fasse à un moment traiter une grande quantité de maïs en un temps relativement court après la récolte, puis des volumes inférieurs par la suite. Un moulin industriel ayant une capacité de stockage limitée pourra se trouver dans la même situation. Un moulin polycéréales, c'est-à-dire conçu pour traiter diverses céréales moissonnées à différentes périodes de l'année, pourra en revanche maintenir une production constante tout au long de l'année.**

**Il faut également décider si l'on effectuera ou non certaines opérations connexes**

(**égrenage, conditionnement, blutage, etc.**). Cette **décision sera fondée principalement sur la demande du marché - qui détermine le type et la qualité des farines à produire et les conditions de commercialisation - et sur la nature du maïs reçu (en épis ou égrené).** La **capacité des équipements additionnels doit évidemment correspondre à celle de l'installation de mouture.**

### **6.3. Estimation des coûts de production**

**Une fois déterminées la production annuelle de farines et la capacité des divers équipements, il reste à estimer le coût unitaire de production de chacun des procédés de transformation correspondant à l'échelle de production choisie. Le futur exploitant, on l'a vu, peut choisir entre différents types de moulins et adopter celui qui correspond au coût de production le plus bas tout en répondant aux conditions locales. C'est ainsi qu'il peut être préférable de choisir un moteur diesel plutôt qu'un moteur électrique lorsque l'alimentation en courant est irrégulière, même si le coût de production avec moteur diesel est plus élevé.**

**Dans l'estimation du coût unitaire de production, les éléments suivants sont à prendre en considération:**

- amortissement des bâtiments et de l'équipement;**
- maintenance et réparation des installations;**
- consommation d'énergie;**
- loyer du terrain;**
- rémunération de la main-d'oeuvre;**
- intérêts sur le fonds de roulement (dans le cas des moulins industriels); et**
- coût de l'ensachage ou de l'emballage (dans le cas de moulins industriels).**

**Chacun de ces éléments peut être déterminé comme suit.**

### 6.3.1. Amortissement des bâtiments et de l'équipement

Le montant de l'amortissement annuel dépend des prix d'achat, des taux d'intérêt pratiqués et des durées de vie respectives des bâtiments et de l'équipement. Il sera d'autant plus élevé que les taux d'intérêt seront plus hauts et que les durées de vie des bâtiments et de l'équipement seront plus courtes.

Supposons que le prix d'achat Z d'un matériel soit de 10 000 francs, que le taux d'intérêt i en vigueur soit de 15 pour cent et que la durée d'utilisation de ce matériel soit de 10 ans. On peut déterminer le montant de l'amortissement annuel en se reportant au tableau 11 qui donne la valeur actuelle du facteur d'annuité F pour divers taux d'intérêt (5 à 40 pour cent) et pour des durées allant de 1 à 25 ans. Pour un taux d'intérêt de 15 pour cent et une durée de 10 ans, ce facteur est égal à 5,019. Le montant de l'amortissement annuel s'obtient en divisant le prix d'achat par le facteur en question.<sup>1</sup> Dans notre cas, on trouve:

$$\frac{Z}{F} = \frac{10000}{5,019} = 1992 \text{ francs}$$

<sup>1</sup> On peut montrer que:

$$F = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

où i représente le taux d'intérêt appliqué et n la durée de vie respective des bâtiments et du matériel en années. Si l'on veut obtenir une estimation plus précise du coût d'amortissement annuel en tenant compte de la valeur résiduelle des bâtiments et du matériel, on appliquera l'équation suivante:

$$\text{Coût d'amortissement annuel} = \frac{Z}{F} - \frac{S \cdot i}{(1+i)^n - 1}$$

o  $Z$ ,  $F$ ,  $i$  et  $n$  sont définis comme ci-dessus et o  $S$  est la valeur résiduelle des bâtiments et du matériel, respectivement.

La valeur  $Z$  des bâtiments et du matériel peut être évaluée comme suit:

**Coût des bâtiments:** On demandera un devis aux entreprises de construction locales sur la base des plans établis et des spécifications retenues (matériaux, etc.). Les coûts de construction varieront notablement selon les normes adoptées. On peut construire des bâtiments relativement peu coûteux, mais des bâtiments fondés sur des normes plus élevées pourront coûter jusqu'à 8 fois plus.

**Coût du matériel:** Le coût du matériel - qu'il soit importé ou acheté sur place - comprend les frais de transport et d'assurance. Le tableau 12 fournit des données sur les coûts de diverses installations de mouture dont les débits horaires sont compris entre 25 kg (moulin à meules de pierre verticales) et 10 000 kg (appareil à cylindres); les prix f.a.b. et c.a.f. sont également indiqués dans ce tableau. Quant au tableau 13, il fournit des indications sur les coûts de diverses égrenuses d'un débit horaire allant de 100 kg (égreneuse manuelle) à 4 000 kg (égreneuse à moteur).

Les estimations relatives aux installations d'égrenage et de mouture pourront, selon les cas, être inférieures ou supérieures aux prix de commande; cela tient au pays d'origine du matériel, au type de transport utilisé, à la situation géographique du pays importateur, etc. Le futur exploitant aura donc intérêt à obtenir des devis précis auprès d'importateurs locaux ou de fournisseurs étrangers (l'annexe II contient une liste de constructeurs). Le coût du matériel produit localement pourra aisément être obtenu

## auprès des constructeurs.

**Tableau 11**

**Table d'actualisation: valeur actuelle, au taux d'intérêt (i), de la somme de (n) annuités d'un franc payables en fin d'année**

Nombre d'années (n)	Taux d'intérêt (i)													
	5%	6%	8%	10%	12%	14%	15%	16%	18%	20%	22%	24%	25%	26%
1	0,952	0,943	0,926	0,909	0,893	0,877	0,870	0,862	0,847	0,833	0,820	0,806	0,800	0,794
2	1,859	1,833	1,783	1,736	1,690	1,647	1,626	1,605	1,566	1,528	1,492	1,457	1,440	1,424
3	2,723	2,673	2,577	2,487	2,402	2,322	2,283	2,246	2,174	2,106	2,042	1,981	1,952	1,923
4	3,546	3,465	3,312	3,170	3,037	2,914	2,855	2,798	2,690	2,589	2,494	2,404	2,362	2,320
5	4,330	4,212	3,993	3,791	3,605	3,433	3,352	3,274	3,127	2,991	2,864	2,745	2,689	2,635
6	5,076	4,917	4,623	4,355	4,111	3,889	3,784	3,685	3,498	3,326	3,167	3,020	2,951	2,885
7	5,786	5,582	5,206	4,868	4,564	4,288	4,160	4,039	3,812	3,605	3,416	3,242	3,161	3,083
8	6,463	6,210	5,747	5,335	4,968	4,639	4,487	4,344	4,078	3,837	3,619	3,421	3,329	3,241
9	7,108	6,802	6,247	5,759	5,328	4,946	4,772	4,607	4,303	4,031	3,786	3,566	3,463	3,366
10	7,722	7,360	6,710	6,145	5,650	5,216	5,019	4,833	4,494	4,192	3,923	3,682	3,571	3,465
11	8,306	7,887	7,139	6,495	5,938	5,453	5,234	5,029	4,656	4,327	4,035	3,776	3,656	3,544
12	8,863	8,384	7,536	6,814	6,194	5,660	5,421	5,197	4,793	4,439	4,127	3,851	3,725	3,606
13	9,394	8,853	7,904	7,103	6,424	5,842	5,583	5,342	4,910	4,533	4,203	3,912	3,780	3,656
14	9,899	9,295	8,244	7,367	6,628	6,002	5,724	5,468	5,008	4,611	4,265	3,962	3,824	3,695
15	10,380	9,712	8,559	7,606	6,811	6,142	5,847	5,575	5,092	4,675	4,315	4,001	3,859	3,726

16	10,838	10,106	8,851	7,824	6,974	6,265	5,954	5,669	5,162	4,730	4,357	4,033	3,887	3,751
17	11,274	10,477	9,122	8,022	7,120	6,373	6,047	5,749	5,222	4,775	4,391	4,059	3,910	3,771
18	11,690	10,828	9,372	8,201	7,250	6,467	6,128	5,818	5,273	4,812	4,419	4,080	3,928	3,786
19	12,085	11,158	9,604	8,365	7,366	6,550	6,198	5,877	5,316	4,844	4,442	4,097	3,942	3,796
20	12,462	11,470	9,818	8,514	7,469	6,623	6,259	5,929	5,353	4,870	4,460	4,110	3,954	3,806
21	12,821	11,764	10,017	8,649	7,562	6,687	6,312	5,973	5,384	4,891	4,476	4,121	3,963	3,816
22	13,163	12,042	10,201	8,772	7,645	6,743	6,359	6,011	5,410	4,909	4,488	4,130	3,970	3,822
23	13,489	12,303	10,371	8,883	7,718	6,792	6,399	6,044	5,432	4,925	4,499	4,137	3,976	3,827
24	13,799	12,550	10,529	8,985	7,784	6,835	6,434	6,073	5,451	4,937	4,507	4,143	3,981	3,831
25	14,094	12,783	10,675	9,077	7,843	6,873	6,464	6,097	5,467	4,948	4,514	4,147	3,985	3,834

**Tableau 12: Coûts indicatifs de divers matériels de mouture livrés sur place (fin 1980)**  
 (Source: Constructeurs et estimations des auteurs)

Type de moulin ou de broyeur	Débit horaire (kg)	Moteur (kW)	Pays d'origine	Prix f.a.b.	Prix c.a.f. et transport intérieur
				(livres sterling)	
1. Pierre (vertic.)	25	0,5	Belgique	383	420
2. Pierre (vertic.)	35	0,7	Belgique	401	440
3. Meules métalliques	45	0,7	Royaume-Uni	200	220
4. Pierre (vertic.)	50	0,7	Belgique	466	510
5. Marteaux	85	4,0	Royaume-Uni	2 040	2 250

6. Meules m <sup>o</sup> lliques	125	2,0	Royaume- Uni	217	240
7. Pierre (horiz.)	150	3,0	France	770	850
8. Meules m <sup>o</sup> lliques	150	3,5	Inde	900	1 000
9. Marteaux	160	7,5	Royaume- Uni	1 826	2 000
10. Meules m <sup>o</sup> lliques	180	3,5	Royaume- Uni	207	230
11. Marteaux	180	7,5	Royaume- Uni	3 150	3 500
12. Pierre (vertic.)	200	2,0	Danemark	277	300
13. Pierre (vertic.)	240	2,0	RFA	624	690
14. Pierre (horiz.)	250	5,0	France	1 000	1 100
15. Meules m <sup>o</sup> lliques	250	5,0	Inde	1 000	1 100
16. Meules m <sup>o</sup> lliques	270	5,0	Royaume- Uni	260	290
17. Marteaux	300	5,5	Royaume- Uni	1 124	1 250
18. Meules m <sup>o</sup> lliques	300	3,0	France	205	225
19. Pierre (vertic.)	310	3,0	RFA	654	720
20. Marteaux	320	15,0	Royaume- Uni	3 387	3 725
21. Meules m <sup>o</sup> lliques	340	5,5	Royaume- Uni	520	570
22. Pierre (vertic.)	350	3,0	France	470	520



23. Pierre (vertic.)	410	5,0	RFA	970	1 100
24. Marteaux	500	5,5	Brésil	430	475
25. Marteaux	570	7,5	Royaume- Uni	1 276	1 400
26. Pierre (horiz.)	600	7,5	Danemark	447	490
27. Marteaux	680	30,0	Royaume- Uni	6 400	7 000
28. Pierre (horiz.)	700	9,0	Danemark	603	660
29. Pierre (vertic.)	750	5,5	France	604	660
30. Pierre (vertic.)	950	15,0	Danemark	683	750
31. Marteaux	1 000	11,0	Brésil	750	825
32. Marteaux	1 260	56,0	Royaume- Uni	10 400	11 450
33. Cylindres	2 000	110,0	Royaume- Uni	250 000	275 000
34. Cylindres	5 000	300,0	Royaume- Uni	400 000	440 000
35. Cylindres	10 000	485,0	Royaume- Uni	700 000	770 000

**Tableau 13 Coûts indicatifs de diverses greneuses a mains livrées sur place (mi-1981)**

Débit horaire (kg)	Entraînement	Puissance (kW)	Pays d'origine	Prix f.a.b.	Prix c.a.f. et transport intérieur
100	Manuel		Royaume	26	(livres sterlina) 20

100	Manuel	-	Royaume- Uni	20	30
150	Manuel	-	RFA	35	40
350	Pédale	-	Japon	243	270
500	Manuel	-	Royaume- Uni	125	140
600	Moteur	1,5	RFA	906	1 000
750	Moteur	0,3	Royaume- Uni	174	190
1 125	Moteur	1,5	Japon	580	640
1 300	Pédale	-	Royaume- Uni	180	200
2 500	Moteur	4,5	Royaume- Uni	180	200
3 000	Moteur	7,5	Royaume- Uni	453	500
2 600	Moteur	5,5	Brésil	1 250	1 400
4 000	Moteur	7,5	Royaume- Uni	2 950	3 200

**Source: Constructeurs et estimations des auteurs.**

**L'entrepreneur fera bien de demander aussi un devis pour les matériels accessoires (pesage, nettoyage, aspiration, calibrage, blutage, séchage, ensachage, générateurs électriques, etc.), pour autant que ceux-ci ne soient pas déjà compris dans l'offre de base.**

**La durée de vie des matériels pourra être indiquée par les constructeurs; elle peut dépasser 50 ans si le matériel est utilisé, entretenu et réparé comme il convient.**

### **6.3.2. Maintenance et réparation des installations**

**Les coûts de maintenance et de réparation incluent le coût de la main-d'oeuvre et celui des pièces détachées. Si ces travaux sont effectués par l'exploitant ou par son personnel, leur coût viendra s'ajouter aux coûts de main-d'oeuvre (voir la section 6.3.5 ci-après). Par contre, s'il est nécessaire de faire régulièrement appel de spécialistes extérieurs, l'entrepreneur demandera un devis lui permettant d'évaluer le coût annuel de leurs interventions.**

**Le coût des pièces détachées dépend du taux annuel d'utilisation de chaque matériel, de la qualité du matériau traité et des soins apportés à la maintenance. En règle générale, le coût annuel des pièces détachées peut être estimé à 10 pour cent du coût du matériel correspondant.**

### **6.3.3. Consommation d'énergie**

**Les machines peuvent être entraînées par des moteurs électriques, diesels ou essence. Pour chacune de ces sources d'énergie, la consommation peut être estimée comme suit:**

#### **Moteurs électriques**

**Le coût annuel global de la consommation de courant, E, s'obtiendra, en première approximation, par la formule:**

$$E = H_e \cdot P_e \cdot A_e + B_e$$

**$H_e$  = nombre (estimé) d'heures par an durant lesquelles les moteurs fonctionneront;**

**$P_e$  = somme des puissances nominales des moteurs électriques, en kW,**

**$A_e$  = prix du kWh (en cas de branchement sur le réseau),**

**$B_e$  = charges annuelles (abonnement, location, etc.).**

**Si l'on voulait avoir une estimation plus précise de la consommation annuelle de courant, il faudrait multiplier la puissance de chaque moteur (exprimée en kW) par le nombre présumé de ses heures d'utilisation, faire la somme des produits ainsi obtenus et multiplier cette somme par le prix d'achat du kWh (toujours en cas d'alimentation par le réseau).**

**La valeur réelle de H sera en général inférieure à la valeur estimée, en raison notamment de l'arrêt des machines pour leur maintenance régulière.**

### **Moteurs à combustion interne**

**Le coût annuel global des carburants (essence, gasoil), C, est donné par la formule:**

$$C = H_C \cdot L_C \cdot D_C$$

**$H_C$  = nombre estimé d'heures de fonctionnement par an,**

**$L_C$  = consommation horaire en litres,**

**$D_C$  = prix du litre d'essence ou de gasoil.**

**Les coûts énergétiques seront estimés pour chaque matériel mécanique (moulins, broyeurs, séparateurs, sèchoirs, etc.). Les tableaux 12 et 13 donnent la puissance en kW requise pour l'entraînement de différents matériels. (La puissance d'un moteur**

**exprimée en CV (chevaux-vapeur) est égale à la puissance en kW multipliée par 1,341.)**

#### **6.3.4. Loyer du terrain**

**Si le terrain n'appartient pas à l'exploitant, celui-ci devra ajouter, aux autres coûts, le loyer annuel du terrain. Ce coût pourra être estimé sur la base de la superficie au sol (voir le chapitre 5) et des loyers pratiqués pour des terrains similaires.**

#### **6.3.5. Coûts de main-d'oeuvre**

**Les coûts annuels de main-d'oeuvre sont fonction du type et de la capacité de production des installations (moulin artisanal, moulin industriel, moulin à cylindres) ainsi que du nombre d'opérations connexes réalisées (stockage, grenage, blutage, ensachage, etc.). Un petit moulin à faon pourra fort bien être exploité par son propriétaire, seul ou avec l'aide éventuelle d'un assistant. Par contre, les moulins industriels de petite ou moyenne capacité nécessiteront l'emploi d'un responsable à plein temps ou à temps partiel (dans la plupart des cas, l'exploitant lui-même), d'un travailleur qualifié à temps partiel ou à plein temps pour assurer le fonctionnement des installations et leur maintenance (l'exploitant peut aussi s'en charger) et d'un certain nombre de manoeuvres pour la manutention du grain et des farines, l'ensachage et le nettoyage. Le nombre de manoeuvres nécessaire pour la manutention du grain et des farines sera plus élevé si la production doit être stockée. Le cas échéant, il faudra également employer du personnel pour transférer le grain des camions aux magasins et de ceux-ci au moulin. Les produits finis seront transportés du moulin aux magasins, puis aux camions. Ainsi, le maïs (sous forme de grain ou de farine) devra être transporté quatre fois. Le nombre de manoeuvres, T, requis pour les tâches ci-dessus est égal à :**

$$T = \frac{4.m}{p}$$

**m = quantité de maïs (en tonnes) transformée par jour, et  
p = productivité de la main-d'oeuvre (tonnes/jour).**

**La valeur de (p) est fonction de la productivité des travailleurs locaux, de la distance entre les camions et les magasins et des temps morts entre les déchargements successifs. Ces facteurs varient considérablement d'un moulin à l'autre, et il n'est pas possible de ce fait de fournir une estimation de p. L'exploitant devra l'évaluer lui-même sur la base des informations dont il dispose.**

**Il sera parfois nécessaire d'engager de la main-d'oeuvre pour l'égrenage des épis et la mise en sacs des produits. Le nombre de travailleurs non qualifiés exigés par ces opérations est fonction de la capacité du moulin; un ou deux manoeuvres suffiront dans le cas d'un moulin industriel de petite ou moyenne capacité.**

**Le nombre de travailleurs non qualifiés peut varier pendant l'année selon la capacité de stockage du moulin. Il faut tenir compte, dans l'estimation des besoins en main-d'oeuvre, d'une éventuelle fermeture du moulin pendant certaines périodes.**

**Le coût annuel global de la main-d'oeuvre (ouvriers et personnel d'encadrement et de gestion), S, est donné par la formule:**

$$S = T_t \cdot J_t \cdot S_t + 12 T_p \cdot S_p + 12 M$$

**$T_t$  = nombre de travailleurs temporaires, non qualifiés, nécessaires chaque jour pour le transport du grain et de la farine, l'ensachage et le nettoyage,**

**$J_t$  = nombre de jours durant lesquels on a recours à une main-d'oeuvre temporaire non qualifiée,**

**$S_t$  = salaire journalier de la main-d'oeuvre temporaire non qualifiée,**

**$T_p$  = nombre de travailleurs qualifiés et permanents rémunérés au mois,**

**$S_p$  = salaire mensuel de la main-d'oeuvre qualifiée, et**

**$M$  = salaire mensuel du responsable du moulin.**

**Il conviendra évidemment de tenir compte des situations suivantes:**

- pas de coûts de transport du grain et de la farine (dans le cas des moulins artisanaux);
- pas de coûts d'ensachage ou d'emballage;
- pas de coûts de main-d'oeuvre qualifiée, si le travail est effectué par l'exploitant lui-même.

**Le salaire du responsable devrait être au moins égal à celui qu'il obtiendrait pour un emploi équivalent dans une autre entreprise. Les salaires mensuels ou horaires des travailleurs qualifiés et des manoeuvres seront ceux en vigueur dans la région.**

### **6.3.6. Coûts d'ensachage et d'emballage**

**La farine de maïs peut être mise dans des sacs de jute de 50 kg ou dans des sacs plus petits (5 kg ou plus), suivant les conditions locales de vente. La farine peut également être commercialisée en sachets de papier de 1 kg portant les informations appropriées (marque, poids net, nom du moulin, etc.). Les sacs de jute et les sachets de papier seront en général commandés des fabricants locaux. Les coûts annuels à prendre en compte correspondront à la valeur des commandes annuelles de sacs et de sachets de papier**

**nécessaires pour la production annuelle du moulin.**

### **6.3.7. Intérêts sur le fonds de roulement**

**Les moulins industriels devront parfois stocker un volume de grain correspondant à une production de trois mois si l'approvisionnement en maïs est irrégulier tout au long de l'année. Ils pourront aussi être obligés de stocker de la farine et d'accepter des retards dans les règlements de leurs livraisons. Il pourra donc se faire que la production d'un ou deux mois doive être stockée ou vendue à crédit, parfois les deux à la fois. Un fonds de roulement est donc indispensable pour couvrir le coût d'un volume de grain équivalent à quatre ou cinq mois de fonctionnement (grain et farine) ainsi que les coûts de la main-d'oeuvre, de l'énergie et de l'amortissement du matériel correspondant à la transformation de la farine stockée. Ce fonds de roulement pouvant être considéré comme improductif, les intérêts annuels sur ce capital constituent un autre élément à ajouter aux autres postes.**

### **6.3.8. Coût unitaire de la farine de maïs produite par de petits moulins**

**L'estimation du coût unitaire de production de la farine de maïs est la dernière opération à réaliser dans l'étude des diverses options technologiques de transformation du maïs. Le coût unitaire de production est égal à la somme des divers coûts annuels dont il est question dans les paragraphes 6.3.1 à 6.3.7, divisée par la production annuelle de farine de maïs. La technique de transformation la plus appropriée sera celle dont le coût unitaire de production est le plus faible. Le choix des matériels et de l'échelle de production devrait donc correspondre à la technique dont le coût est le moins élevé.**

**Dans le cas des moulins artisanaux, la technique de transformation la plus appropriée sera celle pour laquelle la somme des amortissements (bâtiments et matériels) et des coûts énergétiques par tonne de production est la plus faible, étant donné que les intrants de main-d'oeuvre sont les mêmes pour toutes les techniques (exploitant aidé,**



**dans certains cas, par un assistant).**

**Dans le cas des moulins industriels, il faut tenir compte, pour l'évaluation des diverses options technologiques, de la demande pour diverses qualités de farines. On peut, par exemple, commercialiser soit de la farine complète non traitée, soit de la farine partiellement dégermée (c'est-à-dire de la farine dont on a retiré une partie du germe et du son). Dans ce dernier cas, on peut équiper le moulin d'une installation de dégermage. Lorsqu'on compare les coûts de production de la farine complète et de la farine partiellement dégermée, il faudra donc tenir compte des différences de coût des matériels et des prix de détail des produits (farine complète et farine partiellement dégermée) et sous-produits (son et germe). Dans ce cas, le choix de la technique implique à la fois un choix de matériel et un choix de produit.**

### **6.3.9. Coût unitaire de production des farines converties dans des appareils à cylindres**

**La décomposition des coûts afférents à un moulin à cylindres est beaucoup plus complexe que dans le cas des petits moulins. Ce dossier traitant essentiellement de ceux-ci, nous ne procéderons pas à une analyse détaillée de la structure des coûts des moulins à cylindres.**

**Les principaux postes à prendre en considération dans l'estimation du coût d'un moulin à cylindres concernent le maïs brut, le stockage des matières premières et des farines, l'ensachage, la main-d'oeuvre, la gestion, le transport, les assurances et les impôts. D'autres éléments déterminants du coût en question sont liés à la zone d'implantation, au fonds de roulement immobilisé par le stockage du maïs brut, à l'utilisation de la capacité de production et à la durée de la campagne. Selon Uhlig et Bhat (1979), le maïs brut entre pour "plus de 80 pour cent dans les coûts nets globaux, avec une marge de 10 pour cent", sur la base des prix alors en vigueur au Kenya. Ce chiffre donne une très bonne idée, bien qu'approximative, de l'estimation des coûts unitaires. Il suffit de**

**connaître le prix local du maïs brut pour estimer les coûts unitaires de production. Si l'on veut avoir une estimation plus précise, dans le cas par exemple où les coûts estimés sont proches des prix de vente au détail, il faut obtenir des informations plus complètes sur le volume et le prix des intrants.**

**Le coût des matériaux d'ensachage et d'emballage suit, en importance, celui du maïs brut. Il représente 6 à 9 pour cent du coût unitaire global, selon que ces opérations se font manuellement ou qu'elles sont mécanisées. Ce coût peut être légèrement inférieur lorsqu'on utilise des sacs ou des sachets plus grands (par exemple des sacs de 50 kg, au lieu de 25 kg).**

**Les coûts de la main-d'oeuvre et de la gestion viennent au troisième rang; ils représentent moins de 5 pour cent des coûts unitaires, tombant même à 2 pour cent dans les entreprises fortement mécanisées. Les dépenses de gestion en constituent une part importante; pour les plus petits moulins à cylindres (2 t/h), elles représentent 48 pour cent environ des coûts totaux de main-d'oeuvre et de gestion. Ce pourcentage décroît au fur et à mesure que l'échelle de production augmente, sans toutefois descendre généralement au-dessous de 32 pour cent.**

**Les autres postes sont beaucoup moins importants que ceux dont il vient d'être question. Les coûts d'assurance et de maintenance représentent approximativement 4 pour cent des coûts unitaires globaux.**

#### **6.4. Deux exemples d'application de la méthode d'estimation**

**L'application de la méthode exposée dans la section précédente peut être illustrée par deux exemples: un moulin à faon ayant une production de 1 t/jour et un petit moulin industriel ayant une production de 8 t/jour. Le premier est équipé d'un moulin à meules métalliques entraîné par un moteur électrique de 2 kW (il s'agit du moulin n° 6 dans le tableau 12), alors que le second utilise un broyeur à marteaux actionné par un moteur**

**électrique de 11 kW (broyeur n° 32). Les deux moulins produisent de la farine complète.**

**Le tableau 14 récapitule les différents postes estimés sur une base annuelle en partant des hypothèses ci-après:**

**a) Moulin artisanal (région rurale)**

- production: 1 t/jour,
- rythme de production: 8 h/jour, 300 jours/an,
- prix du maïs: US\$150 par tonne de grain,
- prix du moulin é meules métalliques (livré sur place): US\$500,
- coût des bâtiments: US\$300,
- main-d'oeuvre: exploitant et assistant,
- coût de l'énergie: US\$0,10/kWh,
- consommation d'énergie: 2 400 kWh/an,
- pièces détachées: US\$50/an (10 pour cent du coût des matériels),
- loyer du terrain: US\$300/an,
- durée de vie utile des bâtiments et des matériels: 25 ans,
- taux d'intérêt: 15 pour cent,
- fonds de roulement: néant,
- bénéfice annuel du moulin: US\$5 000,
- salaire mensuel de l'assistant: US\$150.

**b) Moulin Industriel (zone urbaine)**

- production: 8 t/jour,
- rythme de production: 8 h/jour, 300 jours/an,
- prix du maïs: US\$150 par tonne de grain,

- prix du broyeur  $\diamond$  marteaux: US\$1 200,
- coût des bâtiments: US\$4 000,
- main-d'oeuvre: exploitant et 4 ouvriers non qualifiés,
- coût de l'énergie: US\$0,10/kWh,
- consommation d'énergie: 26 400 kWh/an,
- pièces détachées: US\$120/an,
- loyer du terrain: US\$1 200/an,
- durée de vie utile des bâtiments et des matériels: 25 ans,
- taux d'intérêt: 15 pour cent,
- fonds de roulement: volume de maïs-grain  $\diamond$  équivalent  $\diamond$  1-3 mois de fonctionnement (200-600 t),
- bénéfice annuel du moulin: US\$12 000,
- salaire mensuel de la main-d'oeuvre non qualifiée: US\$200.

On supposera que la maintenance des installations est assurée dans l'un et l'autre cas, par l'exploitant. Pour simplifier, on ne tiendra pas compte non plus des coûts d'ensilage ou d'emballage, et cela bien que le moulin industriel soit très probablement amené à les prendre en considération.

Le tableau 15 indique les coûts unitaires de production des deux moulins ainsi que le prix

**de gros minimal acceptable. On voit, par ces exemples, que le coût unitaire de production du moulin industriel est sensiblement inférieur à celui du moulin artisanal, et cela bien que le moulin industriel doit stocker du maïs en vue d'éviter des ruptures d'alimentation. Lorsque le moulin industriel n'est pas dans l'obligation de constituer un stock de grain, son coût unitaire de production tombe à US\$11 par tonne, au lieu de US\$13 ou US\$17. On peut également relever que les coûts unitaires de production varient entre 7,98 et 14,30 pour cent des prix de gros; ces pourcentages sont sensiblement inférieurs au chiffre de 20 pour cent environ qui caractérise les grands moulins à cylindres. Il serait toutefois erroné de comparer les moulins à cylindres aux petits moulins artisanaux ou industriels, étant donné que les types de produits sont très différents dans les deux cas.**

**Il serait erroné de conclure de ce qui précède que les coûts unitaires de production des moulins industriels seront inférieurs dans tous les cas à ceux des moulins artisanaux. Les coûts calculés sont basés en effet sur de nombreuses hypothèses dont plusieurs risquent de se révéler infondées. Les futurs exploitants devront par conséquent procéder à leur propre évaluation en se basant sur des estimations précises des divers postes de dépenses.**

**Tableau 14**

**Coûts annuels d'exploitation d'un moulin artisanal et d'un moulin industriel**

	<b>Moulin artisanal</b>	<b>Moulin industriel</b>
	<b>(en dollars des Etats-Unis)</b>	
Main-d'oeuvre	1 800	9 600
Bénéfice	5 000	12 000
Amortissement des bâtiments et des matériels <sup>1</sup>	124	805

Consommation d'énergie	240	2 640
Pièces détachées	50	120
Loyer du terrain	300	1 200
Intérêts sur le capital de roulement <sup>2</sup>	-	4 500;13 500
Coût annuel total	7 514	30 865;39 865

**1 Le facteur F est égal à 6,464 (voir le tableau 11).**

**2 Évalués sur la base d'un mois et de trois mois de stocks de grain, respectivement (pour le moulin industriel uniquement).**

### **Tableau 15**

#### **Coûts de production unitaires pour un moulin artisanal et un moulin industriel**

	<b>Moulin artisanal</b>	<b>Moulin industriel</b>
Coût annuel total <sup>2</sup> (US\$)	7 514	30 865;39 865
Production annuelle (t)	300	2 400
Coût unitaire de production (US\$)	25	13;17
Prix de gros minimal de la farine (US\$/t)	175	163;167
Coût de production (en pour cent du prix de gros)	14,30	7,98;10,18

**2 Évalués sur la base d'un mois et de trois mois de stocks de grain, respectivement (pour le moulin industriel uniquement).**

