

TECHNOLOGIES ET EQUIPEMENTS UTILISABLES POUR LA FABRICATION DE FARINES INFANTILES

Mémina SANOGO

Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques, Paris (France)

1. INTRODUCTION

La création d'un atelier de fabrication de farine infantile nécessite de bien étudier la population ciblée et son environnement. Il est également très important de réfléchir aux moyens nécessaires à la mise en oeuvre de la fabrication de ce produit. La sélection de la technologie et le choix des équipements les mieux adaptés font partie de cette réflexion. C'est le thème de cet exposé qui comprend 4 parties :

- choix de la technologie et des équipements en fonction des moyens et des objectifs ;
- étude de l'emplacement et de l'aménagement des locaux ;
- grandes étapes de la fabrication et présentation des équipements adaptés ;
- présentation des technologies et équipements de quelques unités de production.

2. CHOIX DE LA TECHNOLOGIE ET DES EQUIPEMENTS ADAPTES

La sélection doit se faire en fonction des critères suivants :

- **la taille du marché souhaitée** et la stratégie adoptée : souhaite t-on répondre aux besoins des enfants d'un quartier, d'une ville, d'une région ou d'un pays ? La stratégie adoptée repose-t-elle sur l'installation d'un atelier de grande capacité pour toute une région ou la création de plusieurs petits ateliers situés à proximité des lieux de consommation ?
- **les moyens financiers disponibles** ;

- les matières premières à traiter : leur degré de propreté et leur qualité peuvent augmenter ou diminuer les temps de préparation; leur nature (céréales, légumineuses) influe sur les modes de préparation (décorticage, grillage) ;
- la source d'énergie disponible et son coût : raccordement à un réseau de distribution d'électricité, groupe électrogène... ;
- la nature du produit fini que l'on souhaite obtenir : farine précuite ou à cuire, produit extrudé ;
- la disponibilité des équipements et les possibilités de maintenance : importation ou achat local. Il est préférable d'opter pour des équipements fabriqués localement dont la maintenance peut être assurée rapidement et dont les pièces de rechange sont disponibles sur place. Penser à la formation du personnel pour les petites réparations.

3. ETUDE DE L'EMPLACEMENT ET DE L'AMENAGEMENT DE L'ATELIER

3.1 Choix de l'emplacement

Il est préférable de placer l'atelier près des centres de consommation qui sont la plupart du temps les centres urbains. Ceci permet, d'une part, de limiter le transport des produits finis et leurs éventuelles détériorations lors des manipulations et, d'autre part, en étant plus proche du circuit de distribution, de réagir plus rapidement à la demande. Mais l'atelier peut également être installé dans des structures de santé situées dans des zones rurales où les besoins sont souvent importants en raison d'une prévalence plus élevée de la malnutrition.

L'atelier de production de farines infantiles peut être installé dans des structures très variées, de statut privé ou public, comme c'est actuellement le cas dans de nombreux pays d'Afrique :

- dans un centre nutritionnel comme Ouando au Bénin ;
- dans une entreprise privée comme la société SODEPAL au Burkina Faso (boulangerie pâtisserie) ;
- dans un groupement féminin comme le groupement Kasona au Burkina Faso.

Au moment du choix du lieu d'implantation de l'atelier, il faut tenir compte des nécessités suivantes :

- accès à l'eau (forage ou eau de ville) pour permettre le nettoyage des matières premières, de l'atelier et pour respecter les règles d'hygiène ;
- puisard pour la collecte des eaux usées ;

- bon raccordement au réseau routier pour permettre le déchargement et le chargement des matières premières et des produits finis ;
- accès à électricité sauf si les équipements fonctionnent avec un groupe électrogène ou des moteurs diesel.

Par ailleurs, l'atelier devra être placé dans un environnement sain, à savoir éloigné de zones de contaminations telles que les décharges, les eaux stagnantes et les sources de poussière.

3.2. L'aménagement des locaux

Les locaux doivent être assez grands pour faciliter les opérations de préparation, de transformation et de conditionnement. L'aménagement doit être conçu pour limiter le nombre de manipulations et le transport des matières premières et des produits finis.

Il est impératif de **respecter le principe de la marche en avant** qui se rencontre dans toutes les chaînes de production agro-alimentaire : pour éviter les contaminations, les produits finis ne doivent jamais croiser les matières premières.

Il faut affecter une pièce ou une aire spécialement aménagée à chaque opération :

- un magasin de stockage des matières premières (mil, soja, arachide) d'environ 15 m² ventilé sans fenêtre pour éviter la pénétration des insectes et de la poussière ;
- un magasin de stockage d'environ 10 m² ventilé et sans fenêtre pour les produits semi-finis (ingrédients préparés, sucre, sel) et les sachets de farine ;
- une pièce réservée à la mouture des céréales et au mélange des différents ingrédients (environ 16 m²) ;
- une pièce pour le pesage et l'ensachage (15 à 20 m²) alimenté en électricité pour les machines à souder les sacs ;
- un bureau pour la comptabilité et la gestion ;
- une aire de lavage avec un robinet d'eau courante et une évacuation sur puits de grande capacité; cette aire doit être située à l'extérieur des locaux pour éviter la pénétration de l'humidité ;
- une aire de séchage cimentée et surélevée et/ou des séchoirs de type solaire.

Il faut respecter une hygiène scrupuleuse à chaque étape de la fabrication : stockage, transformation et conditionnement. Pour cela il est nécessaire de :

- protéger les ouvertures par des grillages et des moustiquaires pour lutter contre les animaux, en particulier les insectes, et la poussière ;

- veiller à la propreté des locaux par des balayages quotidiens et des nettoyages réguliers des sols et des murs à l'eau javellisée suivis de rinçage à l'eau claire au minimum une fois par semaine ;
- dépoussiérer régulièrement le moulin, le décortiqueur et les autres équipements ;
- manipuler la farine avec des louches et des cuillères et ne pas la laisser exposée à l'air libre ;
- éviter les eaux stagnantes ;
- former le personnel aux règles d'hygiène en surveillant son état de santé ;
- veiller au port de tenues adéquates pour la préparation des farines (blouses, protège cheveux, masques pour les personnes souffrant d'affections respiratoires bénignes).

4. LES ETAPES DE LA FABRICATION ET LES EQUIPEMENTS ADAPTES

La production de farine nécessite de multiples opérations (tableau 1) qui vont s'effectuer sur différentes matières premières (céréales, légumineuses...). Ces étapes comprennent :

- l'entreposage des matières premières ;
- la transformation (triage, lavage, séchage, grillage, concassage, mouture, refroidissement) ;
- le conditionnement (pesage et emballage de la farine) ;
- le stockage du produit fini.

Tableau 1
Les opérations de fabrication et les équipements utilisés.

Opérations	Equipements
Triage	Van manuel, électrique, table de tri
Lavage	Bac
Séchage	Séchoir solaire, séchoire électrique, aire de séchage
Grillage	Canari, grilloir à tambour, four traditionnel, torréfacteur
Refroidissement	Bassines
Pesage et mélange	Balance, tonneau mélangeur
Mouture	Broyeur à marteaux, moulin à meules
Refroidissement	Bassines
Pesage	Balance
Conditionnement	Thermosoudeuse électrique

Si l'on prend l'exemple d'un atelier pouvant produire 1 à 2 tonnes par mois, il est préférable :

- d'utiliser de la main d'oeuvre plutôt que des machines (sauf si les conditions d'hygiène s'y prêtent mal) afin de contribuer à la lutte contre le sous emploi et d'éviter les problèmes de maintenance ;
- de choisir des équipements fabriqués localement en raison des coûts moins élevés, de la maintenance plus facile et de la disponibilité des pièces de rechange ;
- de maximiser l'utilisation de chaque équipement et leur polyvalence, en particulier d'utiliser un seul moteur pour un décortiqueur et un moulin.

4.1. L'entreposage des matières premières

Il est important d'avoir des matières premières propres et sèches (céréales, légumineuses). Un tri avant stockage et un séchage peuvent se révéler très utiles pour éviter des pertes importantes dues aux moisissures. Le séchage peut se faire à l'air libre sur des aires appropriées ou des nattes. Toutefois, le séchage peut être évité en partie en vérifiant le taux d'humidité à l'achat.

Dès réception des matières premières (céréales, légumineuses, sucre...), il est nécessaire de les stocker dans un endroit sec à l'abri de la poussière et des attaques des insectes. Le stockage peut se faire dans des containers ou dans une pièce destinée à cette utilisation dont les ouvertures sont protégées des insectes.

4.2. Le nettoyage

Un triage et un nettoyage à sec permettent d'éliminer les cailloux, les graines abîmées, les pièces métalliques et les autres corps solides présents dans les graines. Cette étape reste très souvent manuelle et nécessite une main d'oeuvre importante. On utilise également des vans ou des vanneuses électriques ou une table de tri.

Le lavage permet de débarrasser les grains de la poussière ou des produits de traitement comme les insecticides qui ont pu être utilisés lors du stockage. Le lavage peut se faire dans des bassines ou des grands bacs : le fond de ces bacs est garni d'un tamis qui retient les grains. On peut construire un bac permettant de laver 50 kg de grains à la fois.

4.3. Le séchage

Le séchage des grains après lavage s'effectue sur des nattes, sur des aires de séchage en ciment ou dans des séchoirs solaires. Selon les conditions climatiques, ce séchage peut durer de 3 à 8 heures. On peut également utiliser des séchoirs électriques (en fonction

de la disponibilité en énergie et de son coût) comme pour le séchage du soja. Pour ce dernier, un bon séchage est nécessaire à une bonne torréfaction.

4.4. Le décortiquage

Le décortiquage demande une technologie spécifique pour chaque céréale ou légumineuse. L'opération de décortiquage consiste à débarrasser le grain de son enveloppe (péricarpe) ainsi que d'une partie du germe. Le péricarpe est riche en fibres cellulosiques indigestes; il peut contenir des tanins amers qui peuvent entraver l'assimilation des substances nutritives. Le germe est riche en matières grasses qui provoquent le rancissement de la farine. La qualité du décortiquage conditionne la qualité de la farine obtenue après mouture. La qualité nutritionnelle des grains décortiqués varie selon les procédés employés. Le décortiquage doit conserver à la farine le maximum de protéines et doit débarrasser le grain du maximum de cellulose et de matières grasses. Un bon décortiquage se caractérise par un taux de récupération compris entre 75 et 85 %, un faible taux de brisures (mil et sorgho) et par le fait que plus de 90 % des grains sont effectivement décortiqués.

L'équipement nécessaire est un décortiqueur polyvalent (mil, sorgho, riz) ou un broyeur à meules avec réglage possible de l'écartement des meules. Le procédé mécanique est le principe de l'abrasion: le grain est progressivement usé de l'extérieur vers l'intérieur de manière à éliminer l'enveloppe. Parmi les équipements disponibles, on peut citer :

- le décortiqueur modèle CRDI/PRL/RIIC qui peut fonctionner en continu ou en discontinu. En général, le modèle en discontinu est le plus utilisé car il permet de traiter de petites quantités en fonction des besoins. La quantité minimale à traiter est de 10 kg. Ce procédé s'applique aux grains secs. Le décortiquage est effectué par une série de plaques en carborundum ou en résinoïde montée sur un même axe. Un système de ventilation permet d'éliminer les sons sur les grands modèles ;
- le décortiqueur à arachide dont il existe un modèle manuel à manivelle avec un débit pouvant aller jusqu'à 60 kg/H. Pour optimiser son fonctionnement il faut homogénéiser les lots, avoir une humidité constante au niveau des graines et assurer une alimentation régulière de l'appareil.

4.5. La torréfaction

La torréfaction permet d'inactiver les facteurs antitrypsiques du soja, de tuer les bactéries, de diminuer l'humidité et de pré-cuire les produits. Elle peut s'effectuer dans des fours artisanaux ou des fours électriques ventilés (Ouando) pour le soja, des grilloirs à tambour pour l'arachide ou dans des canaris. Le refroidissement peut être

réalisé dans des bacs métalliques dont le fond est percé de trous. La torréfaction est une étape délicate et importante de la fabrication d'une farine car bien réalisée elle contribue à augmenter la valeur nutritive du produit fini par rapport aux matières premières. C'est également une opération importante du point de vue du goût.

Les grilloirs rotatifs manuels améliorés sont constitués d'un tambour situé au dessus d'un foyer et munis d'un système rotatif permettant de les remuer. Ce système peut être manuel avec manivelle ou motorisé. Pour le soja, il permet de torréfier les grains pendant 20 à 30 minutes à 150 °C.

4.6. Pesage des ingrédients

Avant mouture, les différents ingrédients (céréales, légumineuses, lait en poudre, sucre...) de la farine infantile sont pesés séparément et mélangés avant passage au moulin.

4.7. La mouture

Les farines infantiles demandent une mouture fine et sèche pour une bonne conservation. Le taux d'humidité de la farine, donc des grains, joue un rôle important dans sa durée de conservation et dans le goût du produit fini. Plus une farine est sèche, mieux elle se conserve. Il est donc important d'utiliser un équipement adapté au broyage des grains secs. Le taux d'humidité acceptable est de 16 %. Il existe deux grands types de moulins : les moulins ou broyeur à marteaux et les moulins à meules (tableau 2).

La finesse de cette mouture contrôlée par un tamis est importante car au plus la granulométrie d'une farine est fine, au mieux elle sera assimilable par l'enfant. Suivant la nature du moulin, la mouture peut être effectuée par 2 ou 3 passages successifs pour obtenir une granulométrie satisfaisante. La farine est ensuite mise à refroidir dans des bassines couvertes.

Les moulins à meules permettent de broyer les grains entre deux surfaces abrasives. Le réglage de l'écartement des meules détermine la finesse de la farine. Plus les meules sont rapprochées, plus la farine est fine et le débit est faible. Les différents types de meules sont :

- les meules métalliques constituées par des plaques de broyage en fonte ou en fonte aciérée : elles sont solides et peu coûteuses mais risquent d'échauffer la farine et nécessitent un second passage pour obtenir une farine suffisamment fine. En Afrique, les moulins à meules métalliques sont les plus appréciés du fait de leur robustesse et

de leur polyvalence ; les marques les plus répandues sont les marques HUNT et BENTALL.

- les meules en corindon dont l'intérêt, en raison de la dureté du matériau, est de ne pas perdre leur pouvoir abrasif ;
- les meules en pierre composées d'un assemblage de pierres siliceuses.

Tableau 2
Caractéristiques des deux types de moulins utilisables.

Type de matériel	Moulin à meules	Broyeur à marteaux
Principe	Broyage par écrasement	Broyage par percussion
Utilisation	Mouture des céréales sèches ou légèrement humides, des graines oléagineuses (karité)	Mouture des céréales ou autres produits secs non oléagineux
Granulométrie de la farine	déterminée par l'écartement entre les meules et leur degré d'usure	définie par le diamètre des perforation du tamis et de la vitesse de rotation des marteaux
	possibilité de faire une farine très fine en repassant le produit deux fois	farine plus grossière, impossibilité de repasser le produit deux fois
Débit théorique (fonctionnement continu)	20 kg/h (entraînement manège) 200 kg/h (type courant) 100 kg/h pour deux passages	100 kg/h (type courant)
Entraînement	manuel manège à traction animale moteur (9 à 12 cv)	moteur (5 à 10 cv)
Maintenance	meule (retailage/changement)	marteaux (retournement changement) tamis (changement)
Observations	plus onéreux que le broyeur à marteaux	fabrication locale possible par des artisans

Les broyeurs à marteaux ont pour principe de pulvériser les grains en les projetant à grande vitesse contre la chambre de broyage. Cet appareil doit être entraîné obligatoirement par un moteur car la vitesse de rotation des marteaux ne permet pas un entraînement manuel. Son principal avantage est un entretien simple et peu coûteux ; son principal inconvénient réside dans le fait qu'il s'accommode mal des oléagineux et des céréales humides. La vitesse de rotation des marteaux doit être d'au moins 1500 tours/minute ; le plus souvent elle est de 3 000 tours/minute pour un

moteur de puissance 5 à 7 CV. Le débit est influencé par plusieurs facteurs, en particulier par les caractéristiques de la grille, le taux d'humidité des grains et la puissance du moteur.

Lors du choix d'un moulin, il est préférable de choisir un modèle de moulin en vente dans le pays et il faut tenir compte de :

- la simplicité de maniement afin que l'opérateur contrôle facilement l'opération ;
- la facilité de réglage ;
- la facilité d'accès aux pièces d'usure courante (meules, marteaux, grilles) ;
- la réversibilité de certaines pièces (marteaux ou meules) pour diminuer les coûts de fonctionnement ;
- la robustesse de l'appareil ;
- le rapport qualité/prix.

Concernant le choix du moteur, en fonction des possibilités de raccordement au réseau de distribution d'électricité, on utilisera le plus souvent :

- les moteurs électriques en milieu urbain car ils fournissent la source d'énergie la plus pratique et la moins polluante (absence de fumée) ;
- les moteurs thermiques diesel ou essence en milieu rural ; les moteurs diesel sont plus chers, plus complexes mais souvent plus robustes.

4.8. Le conditionnement

L'emballage se fait dans des sachets généralement en polyéthylène fabriqués localement. Il est recommandé d'utiliser des sachets d'épaisseur minimale 0,35 mm si on utilise un seul sachet ou 0,20 mm si on utilise 2 sachets. Les sachets en papier sont déconseillés à cause des risques liés à l'humidité.

Le matériel de base se compose d'une balance et d'une thermosoudeuse permettant de souder les sacs. La thermosoudeuse fonctionne à l'électricité. Il en existe différents modèles dont la plupart sont fabriqués dans les pays développés. Cependant il existe des équipements artisanaux fabriqués localement à partir de résistances électriques.

5. TECHNOLOGIES ET EQUIPEMENTS UTILISES DANS 4 UNITES DE PRODUCTION

Les quatre unités de production dont les équipements sont présentés dans le tableau 3 ont les caractéristiques suivantes :

L'ALIMENTATION DE COMPLEMENT DU JEUNE ENFANT

- ce sont des ateliers artisanaux avec une production mensuelle comprise entre 1 à 2 tonnes sauf pour l'atelier sénégalais en raison d'une sous capacité de l'appareil de production et du choix de sous traiter la mouture ;
- leur personnel de production est de 5 à 7 personnes en moyenne ;
- les investissements en équipement sont compris entre 60 000 et 100 000 FF (dont le tiers est constitué par le matériel de mouture).

Tableau 3
Présentation des équipements utilisés dans 4 ateliers africains.

Aliment de sevrage	Sénégal RUY XALELE	Burkina Faso KASONA	Togo VITEN	Congo VITAFORT
Composition	mil, niébé, arachide, lait, sucre, huile palme, pain de singe, oeuf	mil, soja, arachide, sucre, sel	maïs, riz, sorgho, niébé, arachide	manioc, maïs, soja, sucre, enzyme
Production mensuelle	0,4 tonne	1,5 à 2 tonnes	1 tonne	1,5 à 2 tonnes
Equipement	séchoirs thermosoudeuse	séchoir solaire aire de séchage décortiqueur céréales grilloir tambour moulin marteaux balance thermosoudeuse	grille pour le séchage fours à gaz moulin à marteaux moulin disque moteur balance thermosoudeuse à pied	table de triage installation de séchage moulin meule + moteur moulin marteaux + moteur Tonneau mélangeur balance 100 kg balance de précision thermosoudeuse ensacheuse nettoyeur HP
Personnel de production	7	non connu	6	3 à 4
Investissement équipement	6 000 FF (1990)	65 000 FF (1990)	100 000 FF (1991)	80 000 FF (1992)

6. CONCLUSION

Les principaux problèmes techniques rencontrés dans le fonctionnement d'un atelier de fabrication de farines infantiles sont les suivants :

- le séchage des matières premières lorsque l'ensoleillement est faible et qu'aucune installation pouvant remplacer le séchage solaire n'a été prévue ;
- la nécessité de réaliser plusieurs passages dans le moulin pour obtenir une granulométrie suffisamment fine ce qui est à l'origine de contaminations supplémentaires et d'une augmentation de la température de la farine préjudiciable à sa valeur nutritionnelle ;
- la maintenance des équipements.