PN ABS-918
90828

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
PPC/CDIE/DI REPORT PROCESSING FORM

ENTER INFORMATION ONLY IF NOT INCLUDED ON COVER OR TITLE PAGE OF DOCUMENT

1. Project/ Subproject Number
936-5459

2. Contract/Grant Number
AEP-5459-A-00-2041-00

3. Publication Date
August 1993

4. Document Title/Translated Title
Rapport de Mission 04 au 18 Juillet 1993 au Mali/
Consulting Report: Mali, July 4-18 1993

5. Author(s)
1. Mesters, Christian
2.
3.

6. Contributing Organization(s)
Institut d'Economie Rurale, Bamako (IER) Mali
Department of Agricultural Economics, Michigan State University (MSU)
Institut du Sahel/PRISAS Program, Bamako Mali

7. Pagination
63 p.

8. Report Number

9. Sponsoring A.I.D. Office
G/EG/EID/RAD USAID/Bamako

10. Abstract (optional — 250 word limit)

11. Subject Keywords (optional)
1. Mali
2. maize
3.
4.
5.
6.

12. Supplementary Notes

13. Submitting Official
Michael T. Weber, Project Director

14. Telephone Number
517-353 8639

15. Today's Date
September 6, 1994

----------DO NOT write below this line----------

16. DOCID

17. Document Disposition
DOCRD [ ] INV [ ] DUPLICATE [ ]

AID 590-7 (10/88)

PN-ABS-118

Rapport de mission
04 au 18 Juillet 1993

au

M A L I

CIRAD/CA - Techno

MESTRES C.
Août 1993

L'Institut d'Economie Rurale (IER), en liaison avec l'Université de l'Etat du Michigan (MSU), a entrepris à partir de Janvier 92, une étude sur la filière maïs en vue de comprendre les contraintes qui bloquent le développement de cette culture depuis l'étape de la production jusqu'à la consommation (cette étude se veut pilote pour le développement futur des études filières au Mali).

Les premières données ont montré que le marché du maïs est très étroit aujourd'hui, ce qui entraîne une disponibilité et des prix incertains (Témé et Boughton, 1992) et peut bloquer le fonctionnement de l'ensemble de la filière. Les paysans produisent le maïs avant tout pour assurer l'autosuffisance alimentaire et non pas pour vendre. Les consommateurs urbains n'achètent le maïs que quand il revient moins cher que les autres céréales : ceci étant dû en partie aux difficultés et/ou au coût élevé de sa transformation, et en partie au manque de connaissance suffisante de cette céréale. Par conséquent, les commerçants ont peu d'attraction ni pour assurer l'approvisionnement régulier en maïs, ni pour répondre aux préférences des consommateurs en ce qui concerne la couleur et la qualité des grains.

Le développement de la filière maïs exigera donc l'augmentation et la régularisation de la demande qui nécessite :

- L'amélioration de la qualité du produit aux yeux du consommateur ; et/ou,
- La diminution du coût de revient au consommateur (y compris du coût de transformation et de cuisson).

C'est face à ce défit qu'un volet consommation et transformation du maïs a été lancé dans le cadre de l'étude filière, sur un financement du Programme de Restructuration du Marché Céréalier (PRMC). L'étude s'est concentrée sur les aspects de la demande ayant a priori un haut potentiel de croissance : la consommation humaine en milieu urbain et la consommation animale (volaille). En ce qui concerne la consommation humaine, Bamako est jusqu'à présent le principal débouché pour les surplus de maïs du sud du Mali, malgré le bas niveau de consommation en maïs grain par rapport aux autres céréales (environ 13 kg par habitant pour l'année 1988/89). La population urbaine continue d'augmenter rapidement, dû en partie à la migration. Il existe par ailleurs des possibilités évidentes pour augmenter la consommation par habitant. Ainsi, les objectifs spécifiques de cette sous-composante de l'étude consommation sont de :

- Comprendre les façons dont le maïs est actuellement intégré dans les habitudes alimentaires urbaines et confirmer les contraintes principales qui empêchent l'augmentation de sa consommation ;

- Quantifier les coûts de transformation et cuisson du maïs par rapport aux autres céréales sèches ;

▶ Estimer la demande potentielle pour une gamme de produits déjà transformés (brisures, semoule, farine) parmi différents groupes cibles (selon le niveau de revenu, groupe ethnique, durée de résidence en ville, etc...) ;

▶ Etablir les techniques et échelles de transformation les plus indiquées pour répondre à cette demande (quantités et qualités exigées).

Dans une première phase, une enquête approfondie auprès de 640 unités alimentaires de Bamako a montré en particulier que :

1) Par rapport aux produits déjà transformés à base de céréales sèches, la farine est le produit le plus important. Les plats les plus fréquemment consommés : le tô, la bouillie (moni), le couscous (bachi), sont tous préparés à partir de la farine (Annexe 1). Avant toute politique de promotion et de transformation, il est donc nécessaire de connaître les caractéristiques d'une farine correspondant au "goût" des ménagères et aux exigences des préparations culinaires (en terme de granulométrie, de taux en lipides, fibres, etc...).

2) Par ailleurs, bien que la farine soit le produit le plus important préparé en terme de volume, il est important de souligner l'existence d'une demande potentielle élevée pour les céréales sous leur forme décortiquée. En effet, les céréales décortiquées sont fortement sollicitées, justement parce que les ménagères peuvent maîtriser le processus d'élaboration de la farine qui en sera issue (propreté et fraîcheur). Ce qui n'est pas le cas des farines vendues sur les marchés vis-à-vis desquelles elles sont très méfiantes.

Après cette étude "diagnostic" et de manière à mieux cerner cette demande potentielle en produits transformés du maïs, des tests d'acceptabilité des farines de maïs ont été entrepris auprès d'une centaine d'unités alimentaires. Parallèlement, une caractérisation physico-chimique des produits à été réalisée au Laboratoire de Technologie Céréalière (LTC) de l'IER. Cette présente mission a été entreprise dans le cadre d'un appui auprès du Laboratoire de Technologie Céréalière dans le but d'évaluer :

1/ Les caractéristiques physico-chimiques des produits du maïs utilisés pour les tests de consommation par les ménages.

2/ Les installations de transformation (décorticage-mouture) existantes et d'effectuer des recommandations sur le type d'équipement le plus adapté pour la production des farines souhaitées par les consommateurs.

3/ Et de faire des recommandations concernant les caractéristiques variétales à rechercher pour la production des farines souhaitées par les consommateurs.

Le présent rapport s'oriente autour de 3 axes :

a) Une brève description des différents acteurs du secteur de la transformation du maïs au Mali.

b) Un résumé des principales conclusions des tests de consommation des produits du maïs, une discussion des analyses physico-chimiques de ces produits et leur interprétation en terme de qualité du produit.

c) Une série d'essais de décorticage (5 échantillons de maïs, 5 de sorgho et un échantillon de mil) et de mouture de maïs, ainsi qu'une analyse de la qualité de ces produits.

I- LES INTERVENANTS DE LA FILIERE DE TRANSFORMATION DU MAIS AU MALI

I-1- LES MOULINS DE QUARTIERS

Le parc de matériel de transformation des céréales est assez homogène sur Bamako (Holtzman et al., 1991) ; les décortiqueurs sont de type Engleberg et les broyeurs en majorité de type Hunt 1A (broyeurs à meules verticales métalliques).

En ce qui concerne le décorticage, l'étude filière maïs a mesuré le taux de pertes au décorticage sur 6 sites à Bamako (Sanogo et al., 1993). Cette expérimentation a été réalisée à partir de grains achetés au marché ; les pertes sont calculées en base sèche, après vannage des produits en sortie de décortiqueur et mesure de la matière sèche en laboratoire. Les pertes au décorticage sont proches de 25 % quelle que soit la céréale traitée (Tableau 1) ; on remarque d'autre part, que l'humidité moyenne des produits reste modérée (inférieure à 10 %), autorisant ainsi une conservation assez prolongée du grain décortiqué ; un détaillant en grains décortiqués nous a assuré pouvoir conserver son produit durant un mois. Les visites dans les installations de quartier, nous ont en effet permis de constater que souvent les meuniers ne conditionnent pas le grain en humidité avant décorticage, mais se contentent d'ajouter un tout petit peu d'eau dans la trémie d'alimentation du décortiqueur afin de favoriser l'élimination des sons au cours du décorticage. Si dans le cas du maïs, on observe un taux de grains brisés important en sortie de décortiqueur, les grains de sorgho apparaissent bien décortiqués et assez peu endommagés par ce procédé. Quant au débit, il peut atteindre 600 kg/h pour certaines installations (un débit bien supérieur aux 100 kg/h cités par François, 1988).

Par comparaison, les pertes sont de l'ordre de 20 % après décorticage au pilon puis vannage (Tableau 1), la teneur en eau des produits reste alors inférieure à 12 % (b.h.). Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Tomety (1988) au Sénégal, et par Zambezi (1993) au Malawi pour une variété locale de maïs. Ce dernier auteur montre d'autre part que les pertes peuvent atteindre 30 % pour certaines variétés améliorées.

Dans les deux cas, décorticage mécanique ou manuel, les pertes au décorticage restent modérées ; on est loin des 30 à 35 % de pertes évoquées dans certains ouvrages (François, 1988 ; Holzman et al., 1991).

I-2- CMDT-CERECOM-SAMA

Douze mini-minoteries ont été installées entre 1986 et 1990 essentiellement dans la zone Mali-Sud par la Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles (CMDT) sur un financement du Fonds d'Aide et de Coopération français (FAC). Ces installations comprennent essentiellement un décortiqueur abrasif (marque Nuhul, Canada, ou RIIC, Botswana), un broyeur (à marteaux, Toy, France ou à meules, Président, Belgique) et un tamiseur (manuel, fabrication locale ou électrique, Président, Belgique) (Goïta, 1991 ; Lemoigne et Freud, 1992). Le but de cette opération était de proposer sur le marché local des grains transformés pratiques d'emploi et de prix inférieur aux brisures de riz, de façon à promouvoir le marché du maïs tout en réduisant les pertes au décorticage. Onze de ces installations étant organisées sous forme d'association villageoise, on espérait ainsi augmenter la valeur marchande de cette céréale pour les paysans. Les installations produisent des brisures, semoules et farines de maïs ; des tests de dégustation ont rapidement montré que ces farines (co-produit de la fabrication des brisures et semoules) ne conviennent pas pour la fabrication du tô dont la texture reste trop légère (Goïta, 1991).

Devant les problèmes de commercialisation des produits au niveau local, la CMDT a créé une structure de commercialisation (CERECOM) sur fonds public (FAC) avec appui d'un assistant technique français, puis un Groupement de Producteurs (Dunkafa) chargé du regroupement des produits de la zone Mali-Sud avant leur expédition en zone urbaine à Bamako et un Groupement d'Intérêt Economique (GIE SAMA) qui assure à Bamako la commercialisation des produits du maïs de Dunkafa, ainsi que la transformation et la commercialisation de leurs propres produits.

La complexité des relations existant entre ces 4 opérateurs économiques (A.V., Dunkafa, CERECOM, SAMA) explique sans doute en grande partie l'échec relatif de cette opération ; à peine 50 tonnes de maïs ont été transformées en 1993 par les mini-minoteries les mieux situées, contre 20 tonnes, ou même aucun maïs transformé par les autres unités. Une autre raison étant, outre la mauvaise qualité organoleptique des farines, la mauvaise qualité sanitaire de l'ensemble des produits stockés (Lemoigne et Freud, 1992, Fliedel, 1992)[1].

Les essais de fabrication effectués dans le cadre de l'étude de la filière maïs, ont été réalisés à l'aide des installations du GIE SAMA qui comprend :

- Un décortiqueur abrasif RIIC (Botswana), équipé de 13 meules en carborundum tournant à environ 2000 T/mn et d'une aspiration des sons en continu dans la chambre de décorticage. Le débit annoncé de cet appareil est de 500 à 800 kg/h (Lemoigne et Freud, 1991 ; Bassey et Schmidt, 1990).

- Un broyeur à marteaux Multi-broie-tout, T1, type export (Toy, France).

- Un tamiseur électrique DDD (Président, Belgique) permettant de séparer théoriquement trois fractions : farine, semoule fine et semoule grossière.

- Un tamiseur cylindrique de fabrication locale.

- Un petit nettoyeur à grains (vannage) de fabrication locale.

Seuls le décortiqueur et le moulin sont utilisés à présent majoritairement pour :

▶ La production de farine de maïs pour l'industrie de la conserverie (SOMACO, Bamako) ; le maïs est décortiqué, puis le grain décortiqué est broyé directement en farine au moulin à marteaux (grille de 1,5 mm). L'industriel est obligé de retamiser le produit de façon manuelle (tamis traditionnel Nylon-témé, cf. § II-1) générant ainsi 40 % de refus (non utilisé).

▶ Le décorticage à façon de sorgho et mil pour des demi-grossistes.

---

[1] Ce deuxième facteur étant lui-même lié au premier : jusqu'en 1992, les A.V. transformaient en quantité des produits sans trop se préoccuper de leur commercialisation qui était confiée en grande partie à SAMA via CERECOM générant ainsi un stock d'invendus de moins en moins commercialisables.

Après les échecs de commercialisation des produits du maïs en alimentation humaine, SAMA semble s'orienter vers les débouchés industriels du maïs : la SOMACO utilise d'ores et déjà environ 1 T de farine de maïs par jour, tandis que la SOMAPIL (fabrique de piles), la SOMBEPEC (peintures), l'ITEMA, l'IMPP (produits pharmaceutiques) et la BRAMALI (brasserie) pourraient employer chacune environ 10 T de produit par mois si les exigences de qualité étaient satisfaites (dégermage et/ou purification de l'amidon).

Le GIE SAMA est hébergé par CERECOM ("loyer gratuit") dont il utilise aussi les matériels. On note, ici encore, une certaine opacité quant aux relations (de dépendance, mais aussi de service : mise à disposition du matériel et des locaux) entre SAMA et CERECOM) ce qui peut représenter un frein au développement de ce GIE ; ceci se traduit, en effet, par un manque de motivation et d'engagement (économique) du GIE (qui en particulier préfèrera faire financer l'achat de nouveau matériel par des fonds publics plutôt que de s'engager personnellement) et un certain désir de contrôle et de surveillance de la part de CERECOM sur les activités de SAMA.

Il faut enfin noter qu'aucun des trois membres du GIE SAMA n'a de compétence technique concernant la transformation des céréales et qu'ils ne sont ainsi pas armés pour répondre techniquement aux demandes du marché : on en veut simplement pour preuve, leur impossibilité à répondre (correctement) à la demande simple d'un industriel comme la SOMACO qui doit finalement tamiser ses produits à leur arrivée en usine.

Une autre conséquence flagrante en est un manque de sensibilisation à l'hygiène alimentaire qui aboutit à une omni-présence des ravageurs des stocks aussi bien sur les grains que sur les produits transformés.

I-3- LES GRANDS MOULINS DU MALI (GMM)

Installés à Koulikoro (env. 50 km au Nord de Bamako) depuis 1982, les GMM possèdent une ligne de transformation mil/sorgho/maïs, d'une capacité journalière de 50 T. Cette installation n'a été testée qu'une fois à partir de grains stockés trop longtemps, générant des produits qui n'ont pas été acceptés par la population (Boughton et al., 1993).

La partie mil/sorgho comprend deux décortiqueurs à abrasion et un broyeur à marteaux pour produire des farines fines. Il existe de plus une unité de fermentation-étuvage des grains décortiqués.

La partie maïs comprend un dégermeur de marque Golfetto qui fonctionne à sec par projection des grains entiers contre une grille cylindrique. Deux tables densimétriques permettent de séparer les germes, sons et semoules ; on procède alors à 3 broyages, 2 convertissages et 3 claquages sur des moulins à cylindres. Les produits sont séparés par blutage et sassage. Ce moulin est parfaitement apte à produire des produits dégermés, aussi bien des semoules de maïs que des farines par

modification du diagramme (rebroyage des semoules), dès lors que le marché pour ces produits sera assuré. Les GMM attendent que l'état Malien se charge de l'étude de marché et de la campagne de promotion des produits du maïs.

L'installation comprend de plus un décortiqueur à rouleaux et deux blanchisseurs type Engleberg pour le traitement du riz.

I-4- NUTRISET-GENERATION MAIS

Une étude d'une durée d'un an intitulée "*Génération maïs*" financée par le Ministère de la Coopération Française (FAC) a été attribuée à la Société NUTRISET. Elle concerne l'étude du marché des produits du maïs à Bamako, la définition de nouveaux produits à base de maïs puis la mise en place de tests de commercialisation de ceux-ci.

La Société Nutriset a réalisé entre Mars et Juillet 1993 une étude des produits du maïs au niveau de la consommation ménagère, de la restauration et de la commercialisation. Ceci a permis de définir un cahier des charges pour les 5 à 6 nouveaux produits à tester ; les produits à proposer devraient se substituer à la bouillie consommée le matin, ainsi qu'au tô et au couscous consommés le soir (Marchés Céréaliers, 1993), tout en étant d'un prix inférieur à celui du riz.

Après une mise au point technologique des produits, un test d'acceptabilité sera réalisé courant Septembre 1993 : à l'issue de ce test, 2 à 3 produits seront sélectionnés.

Dans une dernière étape, un marché test de ces produits sera réalisé à Bamako, début 1994.

On ne peut que déplorer l'absence de coordination entre le volet transformation-consommation de l'étude filière maïs pilotée par l'IER sur financement PRMC (et donc FAC en partie) et cette étude "Génération maïs", aussi sur financement FAC. Plus généralement, on ne peut que souhaiter que le Ministère de la Coopération Française fasse ouvertement le bilan des différentes actions menées (malheureusement de façon indépendantes et cloisonnées) aussi bien auprès de la CMDT (projet mini-minoterie) que de l'étude "Filière maïs" et de celle "Génération maïs".

I-5- L'AMELIORATION VARIETALE

Au sein de l'IER, les activités du programme maïs consistent essentiellement en la recherche et la vulgarisation de variétés de maïs peu exigeantes et performantes en condition locale. Il n'y a pas à proprement parlé de sélection variétale, mais plutôt une activité de tests en milieu réel de variétés fournies par le CIMMYT, l'IITA, le CIRAD-CA ou le SAFGRAD.

Les critères de la sélection concernent avant tout les caractéristiques agronomiques (précocité, rendement) ; le Chef de Service ne considère pas la qualité technologique des grains comme un obstacle à leur vulgarisation : il s'agit pour lui d'un critère demandé par les femmes et qui n'est pas pris en compte par l'agriculteur.

Toutefois, si cette attitude peut se justifier en mode d'auto-consommation, on imagine facilement que la qualité technologique deviendra un critère important dès lors que la commercialisation du maïs sera développée avec des exigences de qualité spécifiques.

La variété améliorée la plus utilisée est actuellement Tiemantié (grains jaunes). En zone CMDT, on retrouve également Tuxpeño, EV84225R, Nieleni et Appolo.

I-6- LE LABORATOIRE DE TECHNOLOGIE CEREALIERE (IER)

Situé à Sotuba (à 5 km de Bamako), le LTC de l'IER dépend administrativement du Laboratoire de Technologie Alimentaire (à Bamako) dirigé par Mme BAK. Le personnel de ce Laboratoire est actuellement réduit du fait :

- de la demande de réaffectation de Mme HAIDARA (qui dirigeait auparavant le LTC) ;

- du départ en formation de Mme BERTHE (Master de Nutrition aux USA pour 3 ans) et de Mme BORE-KANTE (Thèse en Technologie du maïs au Maroc).

Il est donc dirigé par I. GOITA, assisté de cinq monitrices chargées des analyses courantes de laboratoire (Annexe 2), d'un technicien chargé spécifiquement des analyses chimiques (cendres, amylose, matière sèche, tannins) et d'une secrétaire. La moitié de ces personnels est payée sur contrats (INTSORMIL, Filière maïs, CEE-STD III).

En plus de ces 3 études sur contrat, le Laboratoire analyse en routine la qualité technologique et culinaire des sorghos en cours de sélection (plusieurs centaines de variétés testées annuellement) et contribue à une étude sur la mécanisation de la transformation des céréales financée par la coopération canadienne. Le personnel scientifique est manifestement insuffisant pour permettre un suivi correct de ces différents programmes. Cela se traduit aussi par un manque de contrôle et d'entretien du Laboratoire et des matériels (Annexe 3). Ainsi les locaux sont envahis par les différents échantillons (et par les *Trilobium* et autres charançons), le compteur à grains et le texturomètre sont en panne, le four à cendres est sous utilisé, le trieur à grains et la hotte de laboratoire (non déballée) ne sont pas utilisés. On remarque enfin que le matériel de transformation livré dans le cadre du projet de coopération canadienne n'est pas utilisé (et pour cause dans le cas du broyeur à marteaux, livré sans grille de sortie !) et exposé aux intempéries à l'extérieur du Laboratoire !

Si ce Laboratoire est largement doté en équipement (Annexe 3), d'autant plus qu'il est envisagé l'achat de doseurs à protéines et à lipides dans le cadre du projet INTSORMIL, c'est plutôt un personnel technique (en particulier, seul le technicien spécialisé est compétent pour les analyses chimiques) et scientifique qui fait défaut. Il faut, de plus, noter que I. GOITA doit partir en formation aux Etats-Unis en début 94. On ne peut qu'encourager l'IER à renforcer cette équipe dont les travaux étaient (jusqu'au départ de Mme HAIDARA) reconnus au niveau national et international.

II- ANALYSE DES TESTS DE CONSOMMATION

Quatre tests de consommation ont été réalisés sur Bamako et l'ensemble des produits a été analysé au Laboratoire de Technologie Céréalière de l'IER.

II-1- PRE-TEST

Pendant la période du 18 au 23 Janvier 1993, un pré-test a été mené avec 10 ménagères dans le quartier de Sabalibougou (quartier assez pauvre). Deux farines ont été testées, la farine CERECOM dite "ordinaire", sous-produit de la fabrication des brisures, et la farine CERECOM dite "extra" (la farine ordinaire tamisée au "Nylon-témé"[1] de manière à dégager une farine très fine).

Les ménagères ont reçu trois kilogrammes de chaque type de farine pour préparer le tô, le couscous et la bouillie. Les appréciations qualitatives des consommateurs sur les farines à vue d'oeil, et ensuite par rapport à chaque plat préparé ont été collectées. Ainsi, les deux farines ont été reconnues assez bien adaptées pour la préparation du couscous ; l'extra est passable pour la bouillie, mais aucune des deux farines n'est adaptée pour la préparation du tô qui n'était pas suffisamment ferme. les ménagères expliquent cela par l'âge avancé de la farine (ou également l'âge des grains), et le taux élevé en son (Boughton et al., 1993).

---

[1] Au Mali, on utilise 4 tamis pour les préparations traditionnelles (Annexe 1) :

- . Wara wara, pour le dernier passage de couscous ± 2 mm
- . Bachi témé, pour le premier passage de couscous ± 1,5 mm
- . Mougo témé, pour le tô ± 0,7 mm
- . Nylon témé, pour la bouillie (moni) ± 0,2 mm

Les analyses chimiques[1] des produits sont assez peu convaincantes (Tableau 2) ; en particulier, on peut difficilement admettre que la teneur en matières grasses passe de 5,7 % pour la farine CERECOM ordinaire à 6,7 % pour cette farine tamisée (extra) et que la teneur en cendres augmente avec la purification du produit. Les analyses granulométriques montrent que la farine extra se distingue essentiellement par l'absence de refus au tamis de 500 µm.

Elle conviendrait de ce point de vue pour la préparation du tô qui demande un tamisage au Mougo-témé (env. 700 µm, Annexe 1).

Si les tests de consommation confirment bien que les farines, co-produit des semoules et brisures, ne conviennent pas pour la fabrication du tô (Goïta, 1991), ce phénomène n'est pas expliqué au niveau physico-chimique : la granulométrie ne semble pas être en cause et les analyses chimiques, non significatives, ne permettent pas de conclure.

Il semble en fait exister un double phénomène, rejoignant en cela l'appréciation des consommatrices :

♦ **Effet composition du produit** : si on rajoute à une farine co-produit, des brisures rebroyées en farine, on améliore la qualité du tô.

♦ **Effet stockage du produit** : les produits ayant servi au test, provenant d'un vieux stock, donnent une texture de tô inférieure à celle obtenue à partir de produits équivalents d'un stock récent (Tableau 3).

Il faut noter par ailleurs que les résultats sont plus convaincants avec le mini-tô (préparation de 150 g) que pour celui du mini-test (10 g, Annexe 4). Les préparatrices incriminent la granulométrie trop grossière de la farine de maïs qui n'autorise pas une cuisson suffisante du produit dans le cas du mini-test (à temps de cuisson fixe).

Les farines co-produits ont donc été abandonnées dans la suite de l'étude.

II-2- PREMIER TEST A GRANDE ECHELLE

Le premier test à grande échelle s'est déroulé pendant la période du 5-20 Février 1993. Quatre farines étaient testées, chacune par 30 à 35 ménages :

- Farine à base de grains jaunes décortiqués
- Farine à base de grains jaunes non-décortiqués
- Farine à base de grains blancs décortiqués
- Farine à base de grains blancs non-décortiqués

[1] Les analyses ont été sous-traités au Laboratoire de Nutrition Animale car le Laboratoire de Technologie Céréalière ne dispose pas des appareils de dosage des protéines, fibres et matières grasses.

Ces farines ont été fabriquées chez SAMA à partir de deux lots de grains de la nouvelle récolte achetés au marché. Les grains entiers, ou décortiqués, sont directement broyés en farine en utilisant le moulin à marteaux muni d'une grille de 0,8 mm, puis tamisés à l'aide du tamis électrique : seule la fraction fine est utilisée pour les tests de consommation.

Il faut noter à ce niveau deux problèmes :

▶ L'alimentation du grain dans le broyeur n'était pas maîtrisée, entraînant un ralentissement du moteur et un échauffement des produits.

▶ La grille de 0,8 mm a été endommagée à la suite de ces essais (présence d'impuretés ou problème de conception du broyeur).

Ces farines ont été mieux appréciées par les consommateurs que celles du pré-test ; la principale critique concerne la granulométrie de la farine crue qui apparait trop grossière (Tableau 4). En second lieu, c'est la difficulté à former des "boules" (granulation) pour la préparation du "moni" qui est citée. Il n'existe que peu ou pas de différences entre grains décortiqués et grains non-décortiqués.

Les résultats d'analyse chimique de ces produits n'ont pu être consultés sur place (non disponibles ?). Des analyses ont toutefois été réalisées au Laboratoire de Technologie des Céréales du CIRAD/CA à Montpellier (France) sur des produits équivalents afin de comprendre en particulier la meilleure qualité organoleptique des farines "complètes" de grain décortiqué (premier test à grande échelle) par rapport aux farines co-produits de fabrication de brisures et semoules (pré-test). Il apparaît ainsi qu'une farine co-produit d'un même grain décortiqué concentre une part plus importante de sons et germe (Tableau 5, ses taux de lipides et de cendres sont supérieurs), et comporte d'autre part moins d'amylose. Le degré de pureté plus faible de cette farine co-produit pourrait expliquer en partie sa mauvaise qualité organoleptique.

Quant aux résultats d'analyse physique (granulométrie), ils se sont avérés ininterprétables du fait d'une part d'un mauvais choix des tamis et d'autre part d'un colmatage de ceux-ci (Tableau 6). On peut noter à ce niveau un manque de suivi (les produits ont été testés en février, mais les résultats d'analyses n'étaient pas finalisés au début de cette mission, en Juillet !). Ces analyses ont été répétées après nettoyage de l'ensemble des tamis ; malgré cela, nous avons observé un colmatage instantané des tamis qui biaisaient ces résultats d'analyses granulométriques. Les analyses ont alors été effectuées à l'aide de deux tamis traditionnels achetés au marché : le "Nylon-témé", de diamètre de maille de 200 µm environ (cf. § III-2) et le Mougo-témé, de diamètre de maille de 700 µm environ. Un tamisage manuel, avec forçage des produits à travers les tamis, permet de s'affranchir des problèmes de colmatage ; d'autre part, ces tamis étant

traditionnellement utilisés pour la préparation du tô et du moni (Annexe 1), on se rapproche ainsi des caractéristiques recherchées par les ménagères. Le taux de passage au travers du "Nylon-témé" est à peine de 30 % (Tableau 6), tandis que le refus au "Mougo-témé" est compris entre 30 et 45 %.

On comprendra alors assez bien la réticence des ménagères vis-à-vis de la granulométrie de ces produits ; seuls 30 % de la farine sera utilisable pour le moni, et le tô pourra apparaître grossier du fait du fort taux de refus au "mougo-témé". On peut aussi remarquer, que ceci se traduira par un temps de cuisson allongé (Tableau 4), autre facteur défavorable. Toutefois, cette exigence dans la "finesse" du tô semble spécifique au milieu urbain, tandis qu'en milieu rural, un produit assez grossier est apprécié, surtout pendant la période des travaux aux champs.

On peut noter que le tamis électrique ne permet d'obtenir une farine (plus de 30 % du produit a une granulométrie supérieure à 700 µm).

Les tests en laboratoire ont d'autre part montré une assez faible qualité organoleptique des produits par la méthode du mini-tô (150 g) (Tableau 6).

Pour la suite de l'étude, il a été décidé :

- D'utiliser du maïs blanc, car a priori plus farineux et permettant d'obtenir une farine plus fine (bien que les résultats d'analyses (Tableau 6) aient démenti cette affirmation.

- D'utiliser pour les produits décortiqués un grain rond (non-denté) car se prêtant mieux a priori au décorticage.

- D'utiliser des grains sélectionnés et propres (indemnes d'impuretés au contraire des grains achetés au marché).

- D'effectuer un tamisage manuel pour augmenter la finesse granulométrique du produit.

- D'effectuer un recyclage des produits grossiers.

II-3- DEUXIEME TEST A GRANDE ECHELLE

Le but principal de cette opération était de mieux cerner les qualités de farine recherchées par les consommateurs en particulier au niveau de la granulométrie des produits et du paramètre décorticage.

Les diagrammes technologiques de préparation des deux produits sont présentés en Annexe 5 : un grain blanc denté (variété Tuxpenio) a été utilisé pour la production de farine non décortiquée, un grain blanc corné (variété TZ-ESR-W) a été employé pour la production de farine après décorticage. Ces fabrications ont été réalisées chez SAMA, en utilisant le moulin à marteaux avec une grille de 1,5 mm (celle de 0,8 mm étant endommagée) mais en ralentissant le débit d'alimentation. Les paramètres technologiques du décorticage (rendement. durée) n'ont pas été contrôlés. Le tamisage des produits est effectué manuellement à l'aide d'un "mougo-témé" ; les produits grossiers sont recyclés (rebroyés en même temps que les grains).

La principale différence observée au niveau des tests de consommation entre "produit décortiqué" et "produit non décortiqué"[1] concerne leur couleur (Tableau 7), défavorable au produit non-décortiqué. On remarque, en effet que les sons se colorent en rouge quand on rajoute un alcali lors de la préparation du tô. Une autre caractéristique importante est l'appréciation de la texture de la farine, estimée trop grossière pour la préparation de la bouillie. Toujours au niveau de la bouillie, les préparatrices reprochent encore la difficulté à former les granules (indépendamment de la pureté du produit) qui semble liée essentiellement au fait qu'il est plus difficile d'obtenir une granulation homogène en partant d'un produit sec (cas de cette expérimentation) plutôt que d'un produit pré-humidifié (cas de la préparation traditionnelle avec broyage "humide"). On peut imaginer que cet obstacle sera surmonté par les femmes par adaptation du procédé de préparation de la bouillie. Enfin, les consommateurs reprochent un "goût trop sucré" à la bouillie, tout en appréciant favorablement le "goût global" de celle-ci.

Il a d'autre part été montré, à l'aide d'un questionnaire parallèle, que le premier critère de choix d'une farine est sa propreté ; les deux critères cités ensuite étant la couleur et l'emballage (les femmes demandent un emballage plastique du produit). Ceci amène à penser que c'est plutôt l'absence d'impuretés (sables, points noirs ...) qui est recherchée plutôt qu'un décorticage du produit (les deux produits du test sont considérés comme propres, Tableau 7). Ceci apparait d'autant plus important que ces critères passent avant (par ordre décroissant d'importance) : le décorticage, l'âge de la farine, l'origine de la céréale, le prix du produit et sa texture (granulométrie).

[1] "Produit décortiqué" : farine obtenue à partir de grains décortiqués.
"Produit non-décortiqué" : farine obtenue à partir de grains non décortiqués.

Enfin, les intentions d'achats de ces deux produits ont été évaluées par un test d'analyse conjointe auprès des femmes et des hommes (Figure 1). Les différences entre produit décortiqué et non décortiqué s'estompent dès que le prix devient inférieur à 100 FCFA/kg : ceci montre bien qu'il existe un marché pour un produit de base non décortiqué pour peu qu'il soit "propre".

Les analyses chimiques des produits ont été confiées au Laboratoire de Nutrition Animale de l'IER. De nouveau (et ce malgré une répétition de ces analyses), les résultats apparaissent ininterprétables (Tableau 8) ; en particulier le taux de cendres varie de 0,3 % à 1,5 % de façon aléatoire. Il aurait sans doute mieux valu effectuer moins d'analyses (se limiter aux matières grasses et cendres, en éliminant en particulier la détermination des fibres, méthode lourde et difficilement reproductible) sur un nombre réduit d'échantillons (grains entiers, grains décortiqués et farines tamisées finales). De plus, comme précédemment, les analyses granulométriques effectuées à l'aide des tamis de laboratoire étaient inexploitables. La caractérisation granulométrique a ainsi été réalisée à l'aide des tamis traditionnels (Tableau 9). Il n'existe évidemment quasiment pas de refus au "Mougo-témé" (puisque ce tamis était utilisé lors de la préparation des farines) et le taux de passage au "Nylon-témé" est proche de 50 %. Il s'agit donc bien de produits plus fins que ceux du premier test (malgré l'emploi d'une grille de broyage plus grossière : 1,5 mm contre 0,8 mm), montrant ainsi la pertinence des modifications technologiques apportées. Ceci permet de comprendre la bonne note de texture de ces farines pour la production du tô (Tableau 7), ainsi que leur bonne qualité organoleptique mesurée par le mini-tô (Tableau 9). Il faut aussi noter que le produit non décortiqué est plus fin que le produit décortiqué ce qui est sans doute à relier à la dureté relative des grains de départ, qui masque ainsi l'effet décorticage. Toutefois, ces produits ne semblent pas encore assez fins pour la préparation de la bouillie (Tableau 7) ; un taux de passage au "Nylon-témé" supérieur à 50 % doit donc être recherché.

Il est dommage que l'influence du décorticage n'ait pu être caractérisée en termes de rendement de transformation et de qualité du produit final (on peut juste affirmer que le produit n'est quasiment pas dégermé). Le Laboratoire de Technologie des Céréales de l'IER étant équipé d'un four à cendres (cf. § I-5), il serait intéressant qu'il puisse évaluer lui-même le taux de cendres des deux produits testés. Il faut noter d'autre part, que comme le produit a été tamisé après broyage, la fraction grossière (a priori plus riche en sons) a été éliminée, ce qui a pu biaiser légèrement les résultats concernant la comparaison produit décortiqué/produit non décortiqué. Une expérimentation complémentaire serait peut-être souhaitable afin de mieux cerner ce phénomène.

II-4- TEST DE CONSERVATION DES FARINES

L'objectif global de ce test est de déterminer les délais de commercialisation des farines non-dégermées utilisées pour les tests de consommation auprès des ménages. Les objectifs spécifiques sont :

- Déterminer un délai de péremption pour les farines sèches non dégermées ;

- Identifier l'emballage qui convient le mieux pour la conservation de ces farines ;

- Vérifier l'état sanitaire (taux d'infestation) des farines de maïs selon la durée de stockage et le type d'emballage.

Trois produits, extraits du diagramme de fabrication précédent, ont été utilisés :

- Une farine tamisée, mais non recyclée, du grain Tuxpénio non décortiqué.

- Une farine tamisée recyclée du grain TZ-ESR-W décortiqué

- Une farine tamisée non recyclée du grain TZ-ESR-W décortiqué.

Trois types d'emballage ont été utilisés : sac plastique thermosoudé, sac en papier (fermé par des agrafes), sac en jute. Les produits sont stockés dans un hangar du Laboratoire de Technologie Alimentaire. Un prélèvement est effectué chaque semaine durant 7 semaines ; pour le conditionnement "en jute", le sac est ouvert et un échantillon prélevé, tandis que pour les autres conditionnements, un sac entier est prélevé chaque semaine.

Les analyses organoleptiques sont réalisées au Laboratoire de Technologie Céréalière de l'IER par un jury de 6 personnes environ (employés de l'IER) à partir du mini-tô à l'état frais. De plus, l'aptitude à la conservation du tô est évaluée par les préparatrices du Laboratoire, le lendemain de la préparation du produit. Les analyses chimiques ont été confiées au Laboratoire de Nutrition Animale et l'analyse entomolique réalisée par A. RATNADASS (CIRAD-CA/ICRISAT). De plus, une détermination du taux d'acides gras libres devait être effectuée par un laboratoire de la Santé Publique.

En ce qui concerne la qualité organoleptique, seules les données du test de conservation ont pu être dépouillées (Tableau 10). Quel que soit le conditionnement, on observe une nette dégradation de la qualité après 40 jours de conservation des farines (décortiquées ou non décortiquées). L'hypothèse d'une libération d'acides gras au cours du stockage (entraînant une dégradation de la texture du tô, par complexation de l'amylose) n'a pu être testée car les analyses n'ont pu être collectées.

Toutefois des analyses complémentaires ont été réalisées au Laboratoire de Technologie des Céréales CIRAD/CA. Une analyse granulométrique (à l'aide d'un tamiseur à courant d'air) ne permet pas de mettre en évidence de différences importantes entre les produits décortiqués et non décortiqués (Figure 2).

Les analyses chimiques montrent bien l'effet du décorticage (Tableau 11) : diminution du taux de cendres et du taux de lipides libres. Celui-ci reste toutefois élevé ; on ne peut pas parler de dégermage. Une petite différence apparaît toutefois entre produit frais et conservé 7 semaines : il semble y avoir une diminution du taux de lipides libres (4,1 contre 4,6 %), et ceci d'autant plus que le produit frais était décortiqué tandis que le produit conservé 7 semaines ne l'était pas (ce qu'atteste leurs taux de cendres respectifs). Parallèlement, la teneur en amylose "apparente" des farines apparaît légèrement plus forte après stockage, contrairement à l'hypothèse de départ : l'oxydation au cours du stockage des tri-glycérides libère des acides gras complexants de l'amylose qui devraient ainsi diminuer le taux d'amylose dosable (ou apparent) et par ailleurs limiter la solubilité et le gonflement de l'amidon et donc diminuer la fermeté du tô (FLIEDEL et al., 1991). Les analyses ne permettent donc pas de confirmer cette hypothèse.

Les premières analyses entomologiques montrent que les farines sont (étonnamment) indemnes de ravageurs après un mois de conservation. Au delà, se développent des *Tribolium castaneum*, plus particulièrement pour les produits conservés en sacs en papier (non étanches).

Tout concourt donc à attribuer une durée de vie de l'ordre d'un mois pour les farines décortiquées ou non. S'il est clair qu'un dégermage limiterait la rancidité des farines, il n'est pas prouvé que cela permettrait d'améliorer la durée de conservation des farines en termes de texture du tô. D'autres expérimentations seraient nécessaires avec en particulier un test de conservation en parallèle de produits dégermés ou non et dosage des acides gras libres, de l'amylose, mesure de la solubilité et du gonflement de l'amidon ainsi qu'évaluation de la qualité organoleptique du tô.

II-5- CONCLUSIONS

Concernant le premier objectif de cette mission (caractérisation physico-chimique des produits), il apparait que :

- Les farines du pré-test, co-produits de fabrication de brisures et semoules, ne conviennent pas pour la fabrication du tô, non pas à cause de problèmes granulométriques (environ 50 % de la farine extra passant au travers du tamis 250 µm et était donc équivalente de ce point de vue à la meilleure farine du deuxième test à grande échelle) mais plutôt du fait d'une mauvaise pureté des produits (plus de germe, de son et moins

d'amylose) et d'une durée de conservation élevée. Ce type de diagramme technologique est donc à écarter si l'on veut produire des farines convenant à la production du tô et du moni.

- Une farine complète obtenue après décorticage, ou non, du grain permet par contre d'obtenir un produit acceptable par le consommateur pour peu que 50 % au minimum de la farine passe au travers du tamis "nylon-témé" (200 µm).

- Le décorticage n'élimine que partiellement le son (la teneur en cendres reste supérieure à 1 %) et presque pas le germe. En dehors du phénomène de coloration du tô alcalin, il n'apparaît pas forcément, indispensable.

- La faible durée de conservation de la farine (de l'ordre d'un mois) reste inexpliquée au niveau physico-chimique.

III- TESTS TECHNOLOGIQUES ET VARIETAUX

Ce volet regroupe les objectifs 2 et 3 de cette mission à savoir une analyse et recommandations sur les procédés à mettre en oeuvre et les variétés de maïs à utiliser afin d'obtenir les produits recherchés par les consommateurs.

III-1- TEST DE DECORTICAGE

Nous avons réalisé des essais sur maïs, sorgho et mil, chez SAMA avec le décortiqueur RIIC en respectant les conditions d'utilisation normales : le meunier arrête le décorticage quand il considère, à l'oeil, que le grain est suffisamment décortiqué.

III-1-1- Décorticage du maïs

Trois essais réalisés précédemment par le LTC sur ces mêmes installations avaient abouti à un rendement au décorticage moyen de 72 % (Tableau 12). Ce qui apparaît bien faible par rapport au décorticage manuel ou mécanisé (cf. § I-1) ou même aux rendements observés sur l'ensemble des mini-minoteries du projet (Lemoigne et Freud, 1992).

Quatre variétés pures de maïs (Tuxpénio, SR22, Tiemantié, DMR-ESR-Y) et un lot commercial comportant majoritairement des grains de la variété TZ-ESR-W, ont été testés au cours de cette mission. Nous avons mesuré : le temps de décorticage et les rendements en grains décortiqués, en sons et brisures ; les brisures ont été récupérées à partir des sons (par tamisage, puis vannage).

On remarque tout de suite que le débit horaire maximal de l'appareil (Tableau 13) est de l'ordre de 200 à 300 kg (très loin de celui annoncé en bibliographie : 500 à 800 kg/h, cf. § I-2). Il faut toutefois noter que les meules étaient, lors de ces essais, moyennement usées. Les grains de la variété Tuxpénio sont décortiqués moins longtemps ; le meunier considère en effet que ce grain denté et tendre occasionnerait trop de pertes avec un décorticage plus poussé. Les rendements en grains décortiqués sont de l'ordre de 80 % pour les variétés pures de maïs (blancs ou jaunes). Le faible rendement observé pour le lot TZ-ESR-W (qui nous a servi de pré-test) est dû au fait que nous avons travaillé dans ce cas sur 2 lots séparés de 20 et 11 kg. En effet, à chaque remplissage ou vidange de l'appareil, on observe une projection puis une aspiration des grains par l'aspirateur des sons ; une quantité importante de brisures (8,4 %) est alors retrouvée dans le son (phénomène déjà observé par Lemoigne et Freud, 1992). On comprend alors mieux, les faibles rendements au décorticage observés lors du test du LTC (travaillant sur des lots de 20 kg). En conséquence, il apparaît que cet appareil est inadapté pour fonctionner en discontinu à moins d'une modification des évents d'aération qui permettrait de limiter l'aspiration des grains durant les phases de remplissage et vidange de l'appareil. En tout état de cause, si l'on veut continuer à utiliser cet appareil, il faudrait limiter ces pertes en améliorant la conduite de l'appareil (travailler avec un appareil toujours plein, ce qui nécessite un contrôle parfait des vitesses d'entrée et sortie des grains) et/ou effectuer des modifications sur l'aspiration. On peut ainsi espérer un gain sur le rendement au décorticage de l'ordre de 3 % ; il atteindrait alors 85 % en moyenne, soit 5 à 10 points de mieux que le décorticage mécanisé (Engleberg, cf § I-1).

Nous avons mesuré d'autre part, le taux de décorticage (TD) qui représente la quantité réelle de son enlevée pour chaque grain décortiqué :

$$TD\ (\%) = 100 - \frac{\text{Masse de 1000 grains décortiqués}}{\text{Masse de 1000 grains entiers}} \times 100$$

Il est inférieur à 10 % pour l'ensemble des variétés testées ; on peut alors définir "l'efficacité du décorticage" comme le rapport du taux de décorticage sur le taux de pertes en sons :

$$\text{Efficacité du décorticage } (\%) = \frac{TD}{\text{Sons + Brisures aspirées}} \times 100$$

Il est de l'ordre de 40 % et pourrait être amené à 50 % en éliminant l'aspiration des brisures. En pratique, cela signifie que chaque point d'augmentation du taux de décorticage se paiera par deux points de pertes en produit décortiqué.

Les analyses chimiques (cendres et lipides libres) déterminées au LTC (IER) et au LTC (CIRAD/CA, Montpellier) montrent d'autre part, qu'il n'y a quasiment pas de dégermage du grain et que le décorticage est effectivement moins poussé pour les variétés blanches et en particulier Tuxpénio (teneur en cendres supérieure à 1 %). La réduction du temps de décorticage, empiriquement ajustée par le meunier pour limiter les pertes, est responsable de ce phénomène.

III-3-2- Décorticage des sorgho et mil

De la même manière, des tests de décorticage ont été réalisés sur 4 variétés pures de sorgho et deux lots "tout-venant" de sorgho et mil (Tableau 14).

Il est clair qu'il vaut mieux éviter dans ce cas la variété CSM 63 longue à décortiquer et occasionnant beaucoup de pertes. On remarque, d'autre part, que l'efficacité du décorticage semble inférieure à celle observée pour le maïs.

Les rendements obtenus sont dans tous les cas à peine supérieurs à ceux obtenus avec les décortiqueurs de type Engleberg (cf § I-1).

III-1-3- Conclusions

Le décortiqueur RIIC a un débit nominal de 200 à 300 kg de grains à l'heure (et non 500 à 800 kg) ; il apparaît donc en cela équivalent au décortiqueur Nuhul. Il permet d'obtenir une efficacité de décorticage de 40 % environ, perfectible à 50 % par modification technique légère ou amélioration de sa conduite. Il donne en conduite normale un rendement au décorticage de 80 à 83 % pour le maïs, c'est à dire supérieur de 5 % environ à celui des décortiqueurs de type Engleberg. On peut toutefois regretter le manque d'accès aux parties internes de la chambre de décorticage, ce qui limite les possibilités d'intervention (nettoyage en particulier), et la mauvaise efficacité de la trappe de vidange inférieure : pour cet ensemble de raisons, ce décortiqueur ne peut fonctionner efficacement en discontinu.

Au niveau de l'aspect variétal, on peut parfaitement utiliser un grain de maïs denté-tendre avec ce type d'appareil, en adaptant le temps de traitement. En revanche, pour le sorgho il faudra éviter les variétés à péricarpe coloré comme CSM-63 qui nécessitent une durée de décorticage élevée et occasionnent des pertes importantes.

III-2- TEST DE MOUTURE

Les 4 lots de maïs (variétés pures) décortiqués ont été broyés à l'aide du moulin à marteaux Multi-Broie-Tout (chez SAMA) muni d'une grille de 1 mm d'ouverture de maille.

Nous n'avons pu qu'évaluer grossièrement le débit d'utilisation du broyeur (environ 100 kg/h) du fait de pannes à répétition du moteur électrique. En tout état de cause, ce moteur (déjà rebobiné) parait sous-dimensionné pour entraîner le moulin équipé d'une telle grille ; le débit paraît trop faible pour une entreprise semi-industrielle. Comme on observe de plus, une usure rapide des grilles fines, il faudrait peut-être, dans le but de produire uniquement des farines fines de maïs, envisager un autre appareillage.

Au niveau variétal, les analyses effectuées au LTC (Tableau 15) avec les tamis traditionnels montrent la supériorité des grains blancs et plus particulièrement de Tuxpénio pour l'obtention d'un produit fin. Ce grain est en effet un grain moyen-dur tandis que les trois autres sont durs (Louis-Alexandre, 1991). Deux de ces farines ont d'autre part été caractérisées à l'aide d'un tamiseur à courant d'air au Laboratoire de Technologie des Céréales CIRAD/CA à Montpellier (France). Ces résultats (Figure 3) confirment les différences observées précédemment. Elles ont d'autre part permis d'évaluer l'ouverture de maille des tamis traditionnels : environ 200 µm pour le "nylon-témé" et 700 µm pour le "Mougo-témé" (ces chiffres devront être revus à la baisse dans le cas où le produit n'est pas forcé à travers les tamis). Toutefois, même avec cette variété tendre le taux de passage au "Nylon-Témé" est inférieur aux 50 % qu'il faut rechercher pour une bonne acceptation du produit.

Il faudrait donc envisager d'utiliser une grille de maille inférieure à 1 mm pour le moulin à marteaux de manière à obtenir directement (sans tamisage) un produit commercialisable.

Nous avons d'autre part, procéder à la production d'une farine co-produit de brisures et semoules à partir du grain Tiemantié : le grain décortiqué est broyé en utilisant une grille de maille 4 mm environ, le produit est tamisé au moulin électrique et la fraction fine récupérée. Une partie de cette farine co-produit a été rebroyée avec la grille de 1 mm. Le Tableau 15 et la Figure 3 donnent les analyses granulométriques de ces produits qui ont d'autre part été analysés au niveau chimique (cf. § II-4). Si le rebroyage permet d'obtenir un produit fin, il ne suffit pas pour permettre de fabriquer un tô acceptable : une note d'évaluation de 2,6 a été donnée au LTC pour une préparation mini-tô de la farine co-produit rebroyée.

III-3- TESTS DE PRESENTATION DES PRODUITS

Nous avons voulu vérifier, par quelques entretiens avec des ménagères, l'acceptabilité des différents produits de manière à cerner plus précisément leurs potentialités d'utilisation en fonction de leur granulométrie et de la "propreté" des farines. Dix ménagères ont été interrogées, choisies dans quatre quartiers différents de Bamako (avec niveaux des revenus moyens des habitants variables).

A chacune des ménagères, on a présenté (en sachets plastique ouverts) une gamme de farines de granulométrie et pureté variables ; par ordre croissant de finesse de granulométrie (Tableau 15) : farine brute de Tiementié décortiqué, farine brute de TZ-ESR-W non décortiqué, farine co-produit de Tiemantié décortiqué, farine brute de Tuxpénio décortiqué et farine co-produit rebroyée de Tiemantié décortiqué. On demandait à chaque ménagère sa réaction vis-à-vis des produits et leurs utilisations possibles pour les différents plats : couscous, tô, moni.

Même si l'interprétation de ces entretiens est sujette à caution (seulement 10 femmes interrogées), elle permet de dégager quelques idées majeures :

■ Aucune ménagère ne cite spontanément le critère propreté pour juger les différents produits. Interrogées spécifiquement sur ce point, les ménagères reconnaissent le produit non-décortiqué, mais le trouvent suffisamment propre. Ceci confirme bien qu'il faut distinguer la propreté du produit (liée à l'absence d'impuretés -sable, poussières, points noirs- et à l'emballage du produit, -ils étaient présentés en sacs plastique-) de son caractère décortiqué. Une femme a même prétendu qu'il vaut mieux ne pas trop purifier la farine de maïs "afin de ne pas la confondre avec la farine de blé" ! Enfin, si certaines femmes reconnaissent que le produit non décortiqué donnera un tô plus grumeleux, ceci ne leur parait pas un handicap, d'autant plus que certaines préfèrent le goût de "non décortiqué".

■ En ce qui concerne la granulométrie des farines, les femmes classent bien les produits selon leur finesse. On trouve ainsi deux grandes familles de produits :

▶ Les deux plus fins (co-produit rebroyé et Tuxpénio décortiqué) conviendraient pour la fabrication du tô (8 femmes sur 10) et du moni (5 femmes sur 10) avec parfois la nécessité de retamiser le produit. Ceci confirme bien qu'il faudra un minimum de passant au travers du tamis "Nylon-témé" de 40 % ou plus, afin de faire accepter ces farines pour la préparation du tô et du moni.

▶ Les deux plus grossiers (TZ-ESR-W non décortiqué et Tiemantié décortiqué) ne pourront donner du tô (5 femmes sur 10) ou du moni (3 femmes sur 10) qu'après rebroyage de la farine (humidification puis broyage au moulin de quartier). Un pourcentage de passant au "Nylon-témé" de 30 % est donc bien insuffisant.

La farine co-produit non recyclée occupe une place intermédiaire entre ces deux classes avec soit tamisage, soit rebroyage avant utilisation pour le tô. Il faut enfin noter que toutes ces farines conviendraient pour le couscous.

IV - CONCLUSIONS-PERSPECTIVES

IV-1- CARACTERISATION DE LA QUALITE DES PRODUITS

La farine co-produit de brisures et semoules ne donne pas un tô acceptable en raison, sans doute, d'une pureté insuffisante : teneur en amylose plus faible, teneurs en cendres et lipides élevées.

Les farines de maïs ne peuvent se conserver qu'un mois environ ; au delà on observe une détérioration de la qualité organoleptique (la texture du tô devient trop faible). L'origine physico-chimique de cette détérioration n'est pas déterminée. S'il est clair qu'un dégermage limiterait la rancidité des produits, il n'a pas été prouvé, jusqu'à présent, que cela permettrait un allongement de la période d'utilisation des farines pour la fabrication d'un tô ferme. Un ensachage hermétique des produits ainsi qu'une hygiène de production élémentaire permettent d'obtenir des farines non infestées de ravageurs pendant le premier mois de stockage.

Cette faible durée de péremption des farines autorise uniquement le développement d'un marché de proximité de ces produits : on imagine mal les mini-minoteries de la zone Mali-Sud produisant des farines qui seraient ensuite expédiées pour vente à Bamako dans un délai total de un mois.

Il faut bien distinguer le critère propreté du facteur décorticage. La propreté fait appel à l'absence d'impuretés (sables, poussières, points noirs) et non à l'absence de sons. La présence de sons est uniquement gênante pour la coloration rouge qu'elle donne au tô alcalin.

La granulométrie est le facteur principal de rejet des farines présentées : si on peut se contenter d'une farine grossière pour la fabrication du couscous (moins de 40 % de passant au tamis "nylon-témé"), il faut une farine fine (40 à 50 % de passant au "nylon-témé") à très fine (50 % ou plus de passant au "nylon-témé") pour les préparations respectives du tô et du moni.

IV-2- RECOMMANDATIONS TECHNOLOGIQUES

Les deux critères principaux d'acceptabilité des farines (propreté et finesse granulométrique) montrent qu'il faut axer leur production sur trois étapes fondamentales :

1) Un nettoyage poussé des grains avant transformation. Ceci permettra d'une part, de répondre à l'exigence de propreté des consommateurs et d'autre part, d'allonger la durée de vie du broyeur (les pierres endommagent les grilles du moulin à marteaux).

Il faudrait pour cela, se rapprocher du projet de coopération canadienne qui est en train de développer ce type de matériel.

2) Un broyage fin du grain à l'aide d'un moulin à marteaux muni d'une grille d'ouverture de maille fine (≤ 1 mm). Le broyeur actuel paraît de ce point de vue légèrement insuffisant de par le faible débit de traitement qu'il autorise dans ces conditions (100 kg/h maximum) et par l'usure rapide de la grille de sortie. Il faudra sans doute envisager une modification de celui-ci (changement de moteur, renforcement de la grille) ou l'achat d'un nouvel équipement plus robuste et de capacité supérieure.

3) Un ensachage des produits de manière à éviter toute contamination ultérieure (ravageurs, impuretés) et à gagner la confiance (critère propreté) des consommateurs.

Ce diagramme technologique permet d'éviter l'étape de tamisage ; inefficace en mode mécanisé, coûteuse (élimination des produits grossiers et/ou recyclage) et source de contamination par les ravageurs.

L'étape de décorticage n'est pas forcément nécessaire ; elle permettrait simplement une amélioration de la couleur du tô alcalin. Elle coûte d'autre part cher en terme de rendement de transformation : au mieux 20 % de pertes, pour un taux de décorticage de 10 %.

Le dégermage est à ce stade inenvisageable pour les mini-minoteries ; il n'existe pas actuellement de petit matériel pour réaliser cette opération. Le décorticage (abrasion externe du grain) ne permettra jamais un dégermage efficace du maïs qui présente un germe enchâssé dans l'albumen et qui nécessite pour son élimination une ouverture du grain.

De plus, le rendement en produit dégermé est dans les meilleures installations industrielles proche de 70 %, aboutissant ainsi à un produit cher, non compatible avec le niveau de vie des ménages à Bamako. Enfin, il n'est pas prouvé que cette opération améliore la texture du tô d'une farine dégermée conservée plus d'un mois.

IV-4- RECOMMANDATIONS VARIETALES

Au niveau semi-industriel, un grain tendre ou semi-tendre comme Tuxpénio est recommandé de manière à améliorer la finesse granulométrique de la farine pour un même diagramme technologique. Cette recommandation est d'autant plus justifiée que le décorticage n'est pas nécessaire ou qu'il peut être réduit au minimum : cette variété occasionnerait, en effet, beaucoup de pertes si l'on voulait obtenir un fort taux de décorticage et une teneur en cendres résiduelle inférieure à 1 %.

Au niveau industriel, un grain trop tendre donnera un rendement en produit dégermé plus faible.

Pour le sorgho, il faudrait éviter les variétés à péricarpe coloré, comme CSM 63, pour envisager un décorticage mécanique semi-industriel.

IV-4- PERSPECTIVES POUR LA FILIERE MAIS

Il semble bien exister à Bamako un marché potentiel important pour une farine de maïs bon marché (≤ 100 FCFA/kg) utilisable pour le tô, le moni et éventuellement le couscous.

Cette farine doit être fine (50 % passant au tamis "Nylon-témé", < 200 µm) et présentée sous emballage hermétique. Elle se conservera un mois maximum.

Celle-ci pourrait être produite dans une installation semi-industrielle installée sur place disposant d'un nettoyeur à grains et d'un moulin à marteaux capable de produire une farine fine. Dans un premier temps, le décorticage ne paraît pas nécesasire.

Quant aux mini-minoteries de la zone Mali-Sud, elles pourraient effectuer les mêmes opérations pour leur marché local. De plus, une diversification vers les grains décortiqués (maïs ou sorgho) peut être envisagée avec, dans ce cas, exportation possible vers le marché urbain de Bamako.

BIBLIOGRAPHIE

BASSEY M., SCHMIDT O., 1990.
Les décortiqueurs à disques abrasifs en Afrique. De la recherche à la diffusion.
CRDI, Ottawa (Canada), 106 pp.

BOUGHTON D., SANOGO O., TEME B., GOITA I., 1993.
Stratégie pour la composante technologie alimentaire.
Note d'information N°2 de l'étude filière maïs, I.E.R., Bamako (Mali), 19 pp.

FLIEDEL G., 1992,
Rapport de mission au Mali, CIRAD/CA, Montpellier, (France), 12 pp.

FLIEDEL G., FLACHER K., MESTRES C., 1991.
Physico-chemical characteristics of sorghum grains and tô quality.
International Cereal Chemist Congress, Prague, Tchécoslovaquie, June 10-13.

FRANCOIS M., 1988.
Du grain à la farine. Le décorticage et la mouture des céréales en Afrique de l'Ouest.
CTA, Wageningen (Pays-Bas), 279 pp.

GOITA B., 1991.
La transformation des céréales locales. Les minoteries villageoises. Une expérience de développement rural intégré en zone Mali-Sud.
IER, Bamako (Mali), 139 pp.

HOLTZMAN J., LICHTE J., TEFFT J., BAGAYOKO B., MANTCHINY F., 1991.
Pour une plus grande utilisation des céréales locales au Mali : situation actuelle, contraintes, possibilités et choix de programme.
USAID/Mali, PPC/WID (AID/W), 158 pp.

LEMOIGNE M., FREUD C., 1992.
Projet de transformation artisanale des céréales locales en zone Mali-Sud.
Rapport de mission, CIRAD/SAR, Montpellier (France), 91 pp.

LOUIS-ALEXANDRE A., 1991.
La texture des grains de maïs africains, détermination de la vitrosité et de la dureté, relation avec les propriétés physico-chimiques et avec l'obtention de produits de transformation.
Thèse de Docteur de l'Institut National Polytechnique de Toulouse (France), 100 pp.

MARCHES CEREALIERS, 1993.
Bulletin d'Information de la Cellule de Formation et de Documentation de l'OPAM, Bamako (Mali), N°1.

SANOGO O., GOITA I., DEMBELE N., BOUGHTON D., 1993.
Composante technologique alimentaire et perspectives sur la transformation des céréales sèches.
Etude filière maïs. Note d'information N°3, I.E.R., Bamako (Mali), 29 pp.

TOMETY S., 1988.
Les expériences d'introduction du maïs à grande échelle dans la consommation humaine au Sénégal : atouts et contraintes dans l'adoption des brisures de maïs.
Mémoire Fin d'études, ISRA/CNRA, Bambey (Sénégal), 209 pp.

ZAMBEZI B.T., 1993.
The effect of pounding and dehulling in the processing of flint and dent maize in Malawi.
In : Cereal Science and Technology. Impact on a changing Africa. Eds. TAYLOR J., RANDALL P., VILJOEN J., I.C.C., Pretoria (Afrique du Sud), p. 611-619.

TABLEAU 1 : RESULTATS D'EXPERIMENTATION DES DECORTICAGES MECANIQUES (Type Engleberg) ET MANUELS (pilon) REALISES A BAMAKO

	Maïs jaune	Maïs blanc	Sorgho	Mil
Décorticage mécanique (6 lieux)				
Pertes au décorticage (% b.s.)	21	24	25	23
Teneur en eau finale (% b.h.)	9.1	8.2	8.0	7.4
Décorticage manuel (8 ménagères)				
Pertes au décorticage (% b.s.)	15	18	14	25
Teneur en eau finale (% b.h.)	10.5	10.9	11.1	11.4

TABLEAU 2 : ANALYSES DES FARINES DU PRE-TEST

	Farine intégrale (Grains entiers)	Farine CERECOM	
		Ordinaire	Extra
Teneur (% b.s.) en :			
Protéines		9.2	9.4
Fibres (NDF)		11.4	11.7
Fibres (ADF)		3.5	3.1
Matières grasses		5.7	6.7
Cendres	1.2	1.7	2.2
Granulométrie			
Refus à 500 µm (% b.h.)		13.1	0
G 50 (µm)*		env. 250	env. 250
Test de consistance du tô**	1.5	3.75	4.25

* Maille du tamis qui retient 50 % du produit

** Echelle de notation hédonique : 1, très bon, jusqu'à 5 mauvais

TABLEAU 3 : EVALUATION EN LABORATOIRE DE LA TEXTURE DU TO PREPARE A PARTIR DE FARINE CO-PRODUIT

Echelle hédonique : 1 très bon, jusqu'à 5 très mauvais

Type de farine	Ancien stock		Nouveau stock	
	Mini-tô (150 g)	Mini-test (10 g)	Mini-tô (150 g)	Mini-test (10 g)
100 % CERECOM ordinaire	4.2	5	2.2	4.5
75 % CERECOM Ordinaire + 25 % brisures rebroyées	3.5	4.9	2	4.5
50 % CERECOM ordinaire + 50 % brisures rebroyées	2.5	4.5	1.5	4.3
25 % CERECOM ordinaire + 75 % brisures rebroyées	2.2	5	1.5	3.2

TABLEAU 4 : RESULTATS D'APPRECIATION DES CONSOMMATEURS LORS DU PREMIER TEST A GRANDE ECHELLE

Echelle hédonique (inverse de celle utilisée en laboratoire) :

5 très favorable, 1 pas du tout favorable

	Maïs jaune		Maïs blanc	
	Décortiqué	Non décortiqué	Décortiqué	Non décortiqué
Jugement des farines				
Texture (granulométrie)	2.9	2.8	2.9	2.8
Couleur	4.7	4.3	4.6	3.9
Propreté	4.7	4.3	4.7	4.5
Odeur	4.6	4.0	4.5	4.2
Jugement du tô				
Couleur	4.7	4.2	4.7	4.0
Odeur	4.7	4.1	4.5	4.5
Fermeté	4.8	4.4	4.6	4.3
Rendement	4.8	4.4	4.7	4.6
Temps de préparation	3.1	2.9	3.0	3.0
Jugement de la bouillie				
Couleur	4.7	4.3	4.7	4.1
Aptitude à la granulation	3.6	3.6	3.2	3.5
Goût	4.7	4.8	4.3	4.3
Temps de préparation	3.3	3.0	3.1	3.2

TABLEAU 5 : ANALYSE CHIMIQUE DES FARINES DU GRAIN DECORTIQUE TIEMANTIE

	Farine complète	Farine co-produit de brisures et semoules
Lipides (% b.s.)	3.16	4.82
Cendres (% b.s.)	1.08	1.50
Amylose (% amidon)*	22.3	20.3

* En considérant une teneur en amidon théorique de 90 % (b.s.)

TABLEAU 6 : ANALYSES PHYSIQUE ET ORGANOLEPTIQUE DES FARINES DU PREMIER TEST A GRANDE ECHELLE

	Farine de maïs jaune		Farine de maïs blanc	
	Décortiqué	Non décortiqué	Décortiqué	Non décortiqué
Granulométrie (% b.h.)*				
Tamis de laboratoire				
< 250 µm	1.4	0.7	0.5	0
< 425 µm	2.8	8.4	0.6	0
< 825 µm	96.2	96.2	52.2	43.6
Tamis traditionnels				
< Nylon-témé	31	25	19	31
> Mougo-témé	31	34	45	45
Texture du tô**	3.7	3.7	2.7	3.3

* < : passant au tamis ; > : refus au tamis

** Echelle hédonique après fabrication du mini-tô : 1 très bon, jusqu'à 5 très mauvais.

TABLEAU 7 : RESULTATS D'APPRECIATION DES CONSOMMATEURS LORS DU DEUXIEME TEST A GRANDE ECHELLE

Echelle hédonique (inverse de celle utilisée en laboratoire) :
5 très favorable, jusqu'à 1 pas du tout favorable

Variable	Produit décortiqué	Produit non décortiqué
Jugement des farines		
Texture pour le tô	4.2	3.9
Texture pour la bouillie	3.6	3.3
Couleur	4.9	3.9
Propreté	4.8	4.2
Jugement du tô		
Couleur	4.9	3.9
Odeur	4.7	4.2
Fermeté	4.8	4.2
Goût	4.7	4.2
Jugement de la bouillie		
Couleur	4.8	3.8
Goût	4.3	3.7
"Quantité de sucre"	2.7	2.5
Facilité de granulation	2.9	2.6
Temps de préparation	3.0	2.9

TABLEAU 8 : ANALYSE CHIMIQUE DES PRODUITS DU SECOND TEST A GRANDE ECHELLE

	GRAINS TUXPENIO				
	Grains entiers	Farine brute	Farine tamisée	Farine recyclée	Farine recyclée tamisée
Teneur (% b.s.) en :					
Protéines	.	9.5	8.9	8.9	10.2
Matières grasses	.	5.3	5.9	3.4	4.8
Cendres	1.5	1.5	1.8	1.1	1.5
Fibres	15.1	13.8	13.3	19.2	13.4

	GRAINS TZ-ESR-W							
	Grains entiers		Grains décortiqués		Farine décortiquée		Farine décortiquée tamisée	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Teneur (% b.s.) en :								
Protéines					8.3	7.8	7.7	7.9
Matières grasses					3.0	4.3	2.9	5.1
Cendres	1.5	1.4	1.2	1.1	0.3	1.5	1.1	1.5
Fibres	13.6	15.4	8.4	7.5	6.7	9.0	5.7	7.5

1 : Fabrication sans recyclage

2 : Fabrication avec recyclage des semoules de la fabrication 1 (rebroyées avec les grains décortiqués)

TABLEAU 9 : ANALYSES PHYSIQUE ET ORGANOLEPTIQUE DES PRODUITS DU DEUXIEME TEST A GRANDE ECHELLE

Variable	Produit décortiqué	Produit non décortiqué
Granulométrie (% b.h.)		
Passant au "Nylon-témé"	42	51
Refus au "Mougo-témé"	2	0
Texture du tô*	2.0	2.7

* Notation hédonique pour le mini-tô : 1 très bon, jusqu'à 5 très mauvais

TABLEAU 10 : TEST DE STABILITE DU TO DES FARINES APRES CONSERVATION

Farine	Conditionnement	Durée de conservation (j)							
		1	10	15	22	29	36	42	49
Tuxpénio nd*	Papier		2	1.5	2	3	1	3.5	3.5
Tuxpénio d**	"	1.75	1.5	1.5	1.5	1.5	3	4	4
Tuxpénio d recyclé	"	1.25	1.5	.	2	2	2.5	4	4
Tuxpénio nd	Plastique	1.5	1.5	1.5	2	3	3	3.5	3.5
Tuxpénio d	"	1.25	1.5	1.5	1.5	1	1.5	3.5	3.5
Tuxpénio nd	Jute	1.5	1.5	1.5	1.5	1	4	4	4
Tuxpénio d	"		2	2	1.5	1.5	1	4.5	4.5
Tuxpénio d recyclé	"		1.5	2	1.5	1	1	3.5	3.5
Moyenne		1.45	1.63	1.64	1.69	1.75	2.13	3.81	3.81

* nd : non décortiqué
** d : décortiqué

TABLEAU 11 : ANALYSE CHIMIQUE DES FARINES SOUMISES AU TEST DE CONSERVATION

	Lipides (% b.s.)	Cendres (% b.s.)	Amylose (% amidon*)
Farine fraîche du grain Tuxpénio décortiqué	4.46	1.35	19.3
Farine du grain Tuxpénio non décortiqué conservée 7 semaines	4.14	1.55	21.3
Farine du grain TZ-ESR-W décortiqué conservée 7 semaines	3.52	1.21	22.9

* En considérant une teneur en amidon de 90 % (b.s.)

TABLEAU 12 : ESSAI DE DECORTICAGE A L'AIDE DU RIIC

(A partir de grains de maïs achetés au marché)

Répétitions	Masse initiale de grains (kg)	Masse après décorticage (kg)	Rendement au décorticage (%)
R1	20	14.6	73
R2	20	14.0	70
R3	20	14.5	72.5

TABLEAU 13 : ESSAIS DE DECORTICAGE DU MAIS A L'AIDE DU DECORTIQUEUR RIIC (SAMA)

Variété	Maïs blanc			Maïs jaune		Moyenne des variétés pures	
	TZ-ESR-W	Tuxpenio	Tiemantié	SR 22	DMR-ESR-Y		
Masse initiale (kg)	20 + 11	51.5	51	50.5	36.8		
Durée de décorticage (mn/100 kg)	61	33	45	58	63		
Brisures aspirées (%)	8.4	2.1	3.5	3.9	4.6		
Sons réels (%)	17.4	13.6	11.4	14.9	14.4		
Grain décortiqué (%)	72	82	83	82	78	Jaune 80	Blanc 83
Taux de décorticage (%)	4.5	9.5		7.4	6.6		
"Efficacité" du décorticage (%)	16	53		41	30	41	
Teneur en cendres (% b.s.)							
(1)		1.21	0.94	1.24	0.89		
(2)		1.35	1.08				
Teneur en lipides libres (% b.s.)(2)		4.46	3.16				

(1) LTC (IER). Il faut noter que pour une farine de blé témoin (0,61 % de cendres b.s.) une teneur en cendres de 0,51 % (b.s.) a été mesurée
(2) LTC (CIRAD-CA)

TABLEAU 14 : ESSAIS DE DECORTICAGE DES SORGHO-MIL

Variété	Variétés épurées (sans testa)		Variétés non épurées		Tout-venant	
	CSM-388-E	CSM-63-E	CSM-417	CSM-63	Sorgho	Mil
Masse initiale (kg)	2 x 20	40	42	45	40	40
Durée de décorticage(mn/100 k	50	78	70	81	95	70
Brisures aspirées (%)	8.3	10.0	3.1	1.8	5	a.d.
Sons réels (%)	11.5	17.8	13.2	23.1	21.5	27.2
Grain décortiqué (%)	78	73	83	73	70	68
Taux de décorticage (%)			3.9	7.1		
"Efficacité" du décorticage (%)			23	42		

TABLEAU 15 : DURETE DES GRAINS DE MAIS ET GRANULOMETRIE DES FARINES PRODUIT

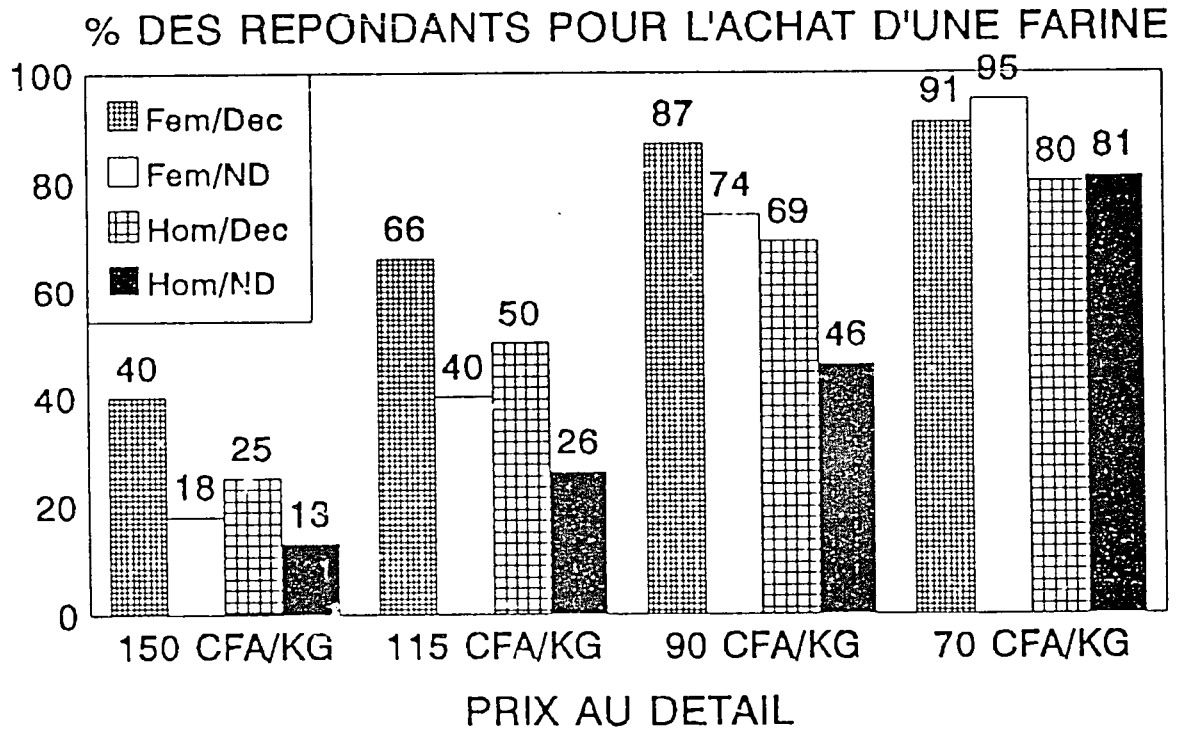
Grain	Farines brutes*					Farines co-produit* Tiémantié Décortiqué	
	TZ-ESR-W	Tuxpénio	SR 22	Tiemantié	DMR-ESR-Y		
	non dec. blanc	dec. blanc	dec. blanc	dec. jaune	dec. jaune	Non recyclée	Recyclée
< Nylon-témé	32	42	33	25	28	32	42
> Mougo-témé	20	10	14	33	26	10	4
Dureté (PSI)**	41 Dur	47 Moyen-dur	41 Dur	42 Dur	.		

* Farine brute : grain (décortiqué ou non) réduit en totalité en farine
Farine co-produit : grain broyé grossièrement puis tamisé pour séparer les brisures, semoules et farines co-produit

** Déterminé sur d'autres lots des mêmes variétés au Laboratoire de Technologie des Céréales CIRAD/CA (Louis-Alexandre, 1991)

Figure 1.

INTENTIONS D'ACHAT DES FARINES DE MAIS



Fem/Dec = % femmes qui payeront la farine décortiquée
Hom/ND = % hommes qui payeront la farine non-décortiquée

Figure 2 : COURBES GRANULOMETRIQUES DES FARINES DE MAIS UTILISEES POUR LE TEST DE CONSERVATION

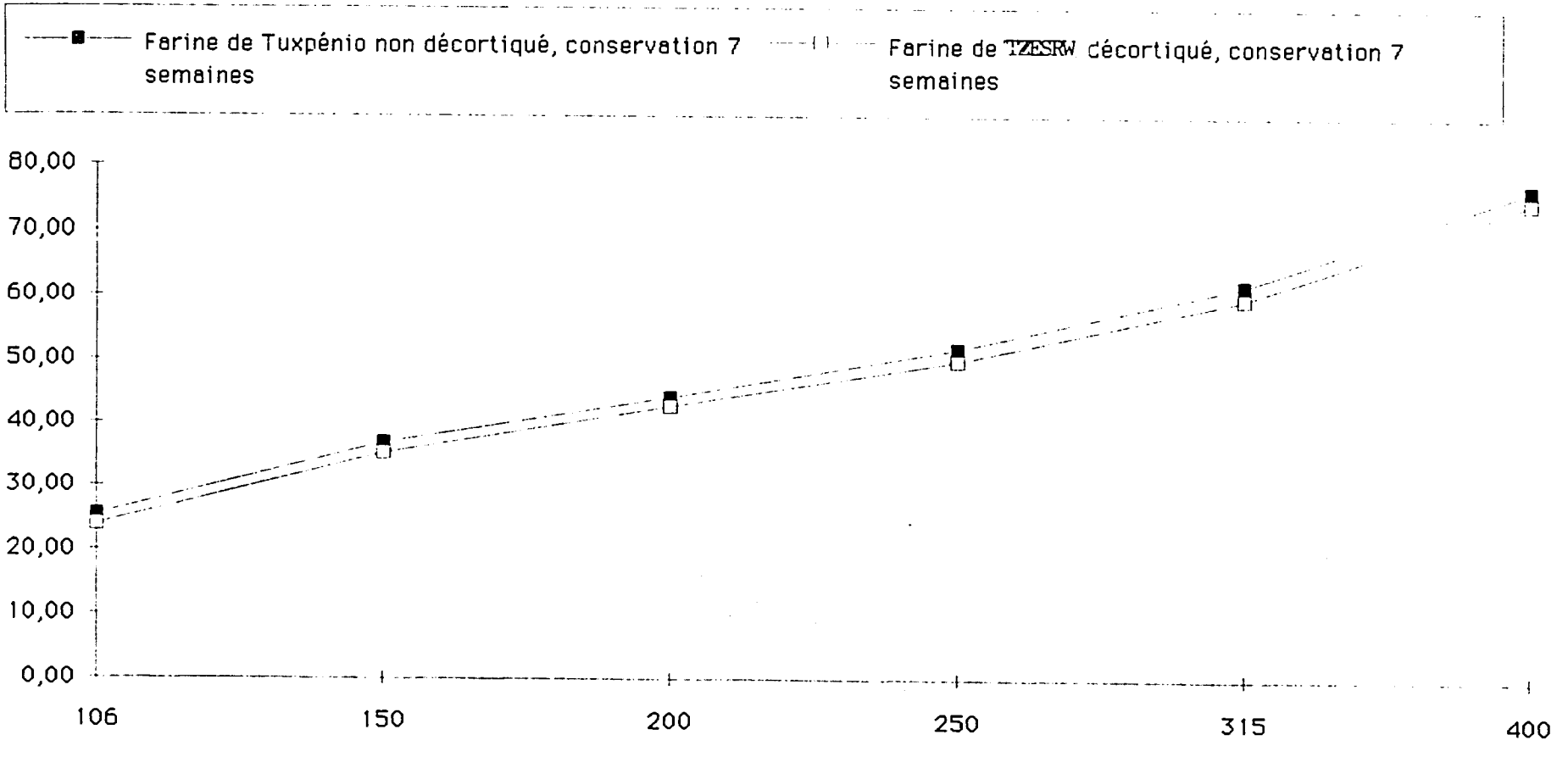
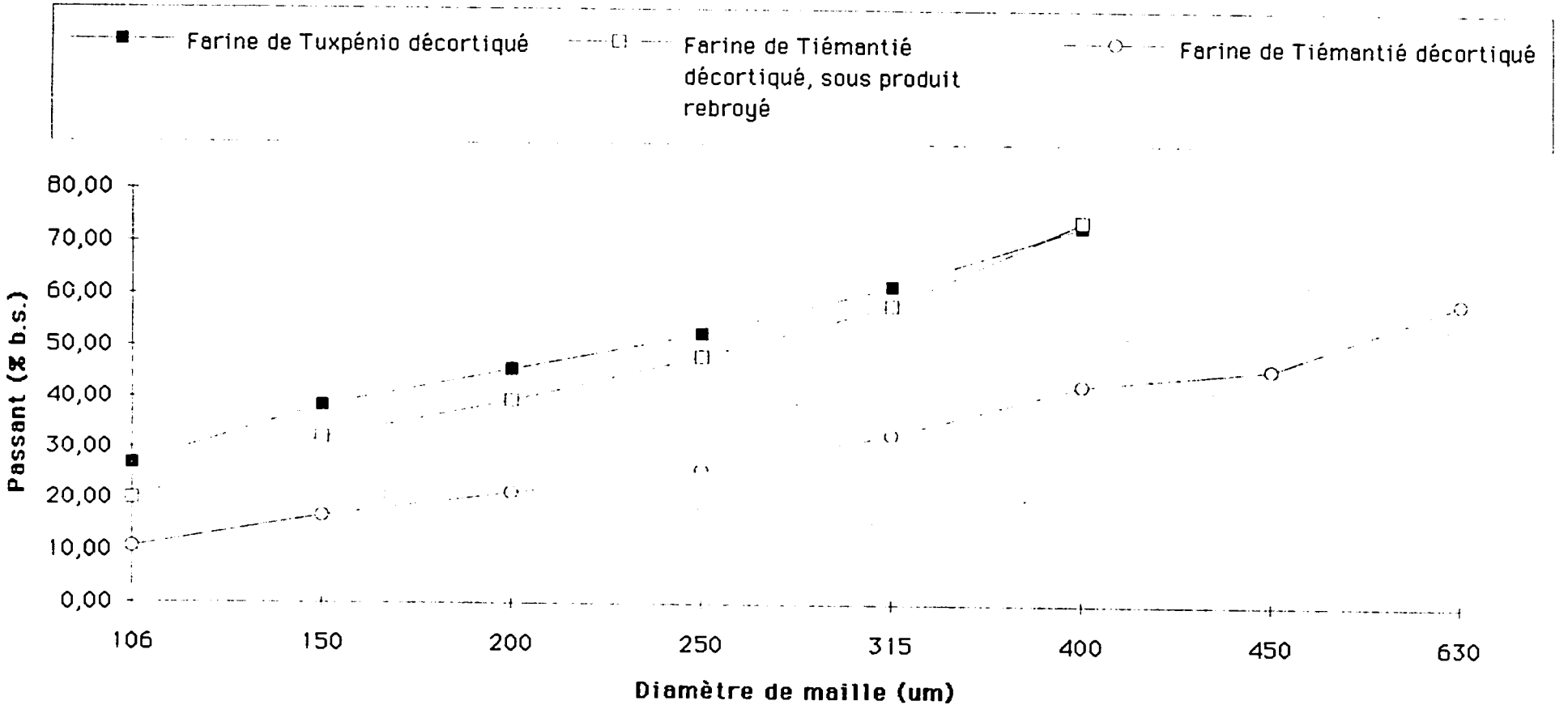
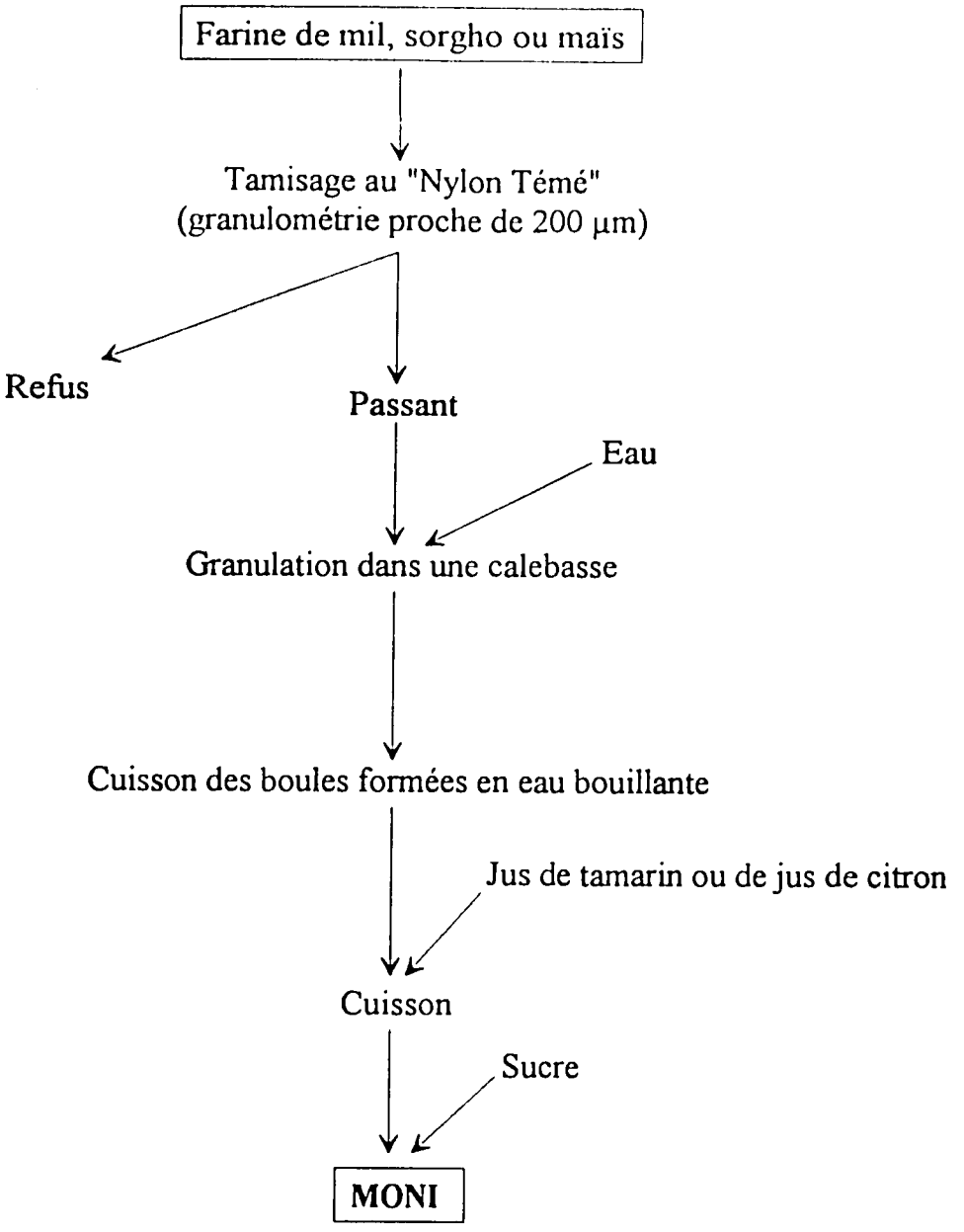


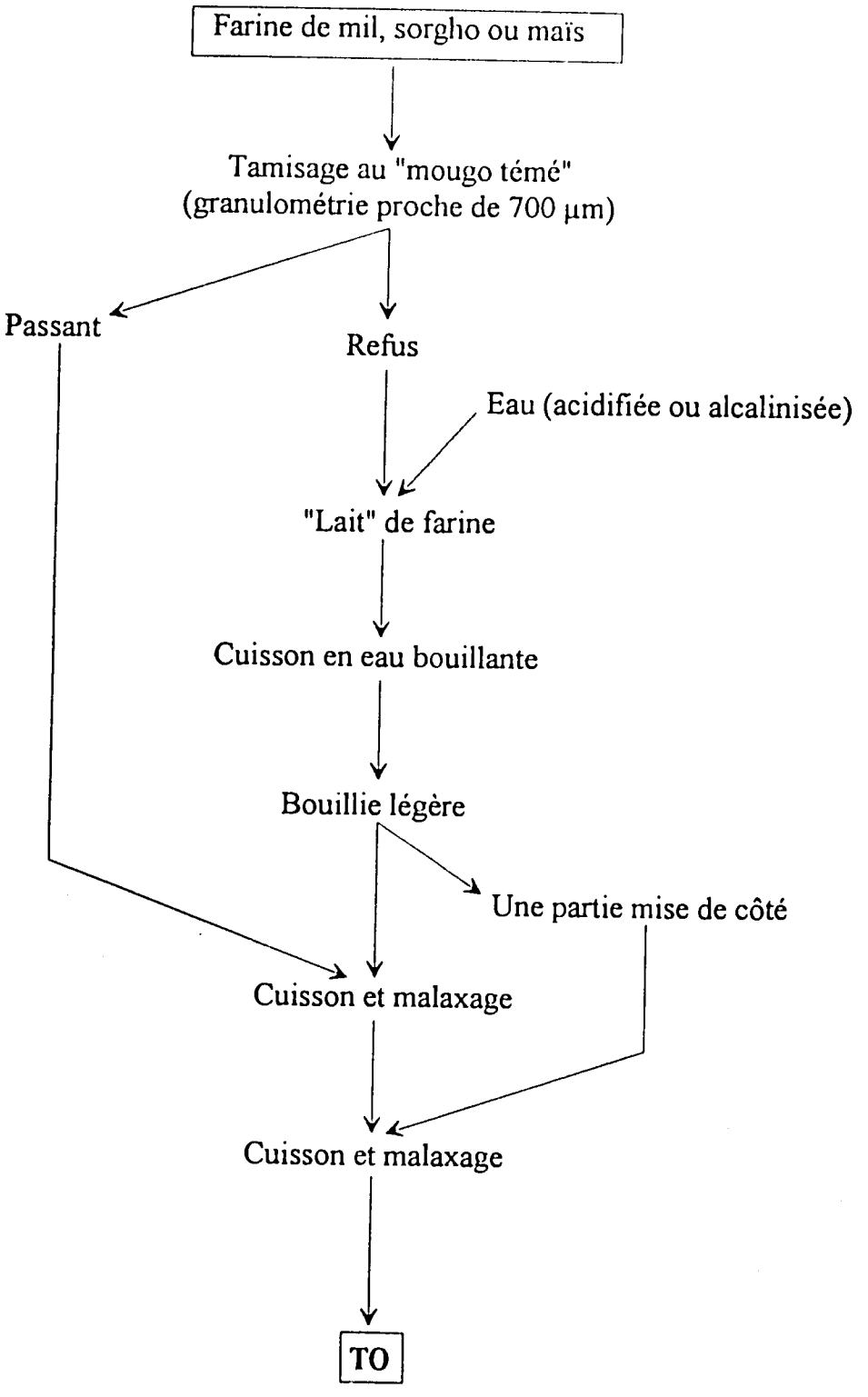
Figure 3 : COURBES GRANULOMETRIQUES DES FARINES DE MAIS PRODUITES LORS DU TEST DE MOUTURE

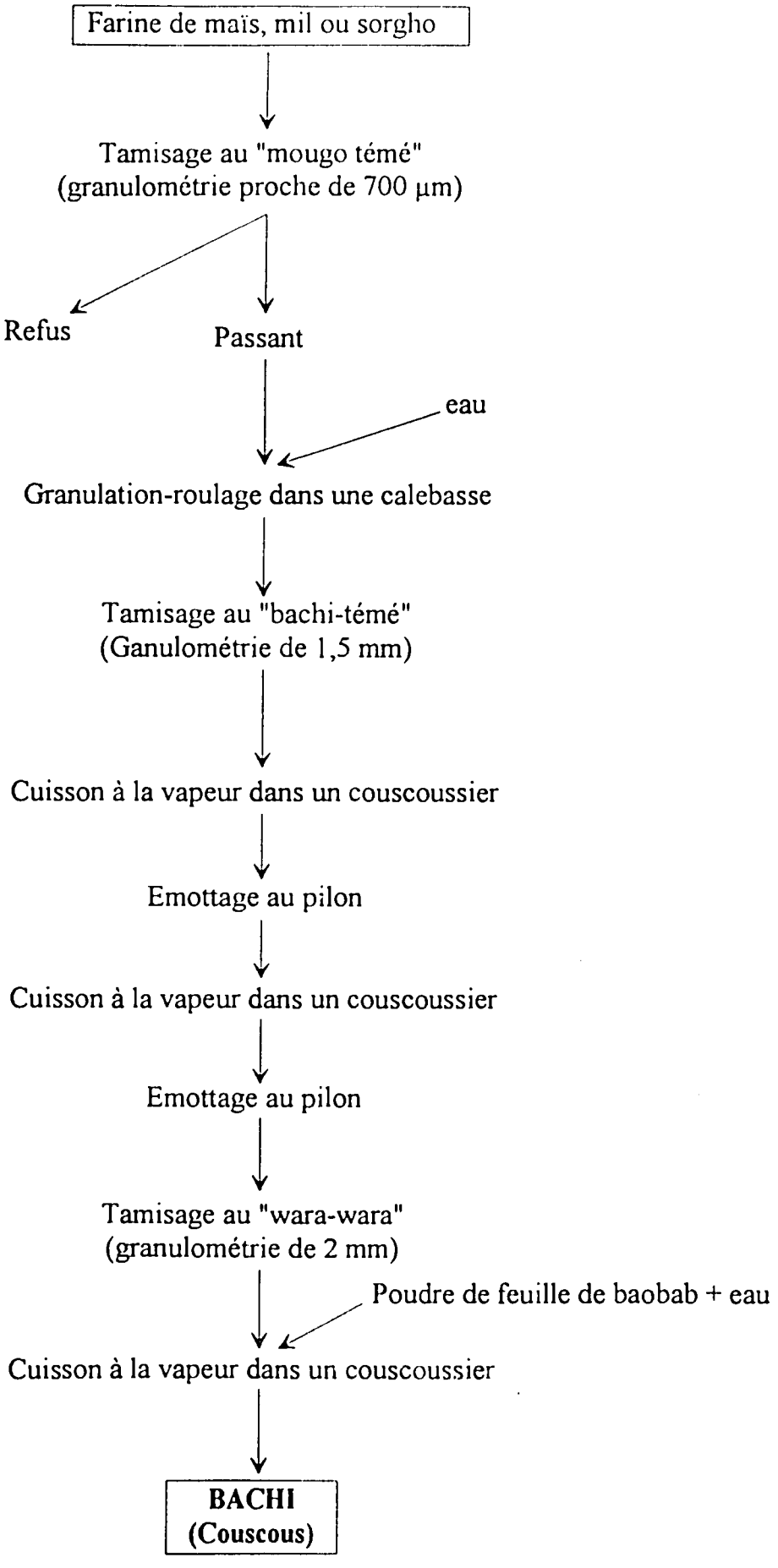


ANNEXE 1

DIAGRAMMES DE PREPARATION DES PLATS TRADITIONNELS MALIENS PREPARES A PARTIR DU MAIS


Farine de mil, sorgho ou maïs
Tamisage au "Nylon Témé"
(granulométrie proche de 200 µm)
Refus
Passant
Eau
Granulation dans une calebasse
Cuisson des boules formées en eau bouillante
Jus de tamarin ou de jus de citron
Cuisson
Sucre
MONI


Farine de mil, sorgho ou maïs
Tamisage au "mougo témé"
(granulométrie proche de 700 µm)
Passant
Refus
Eau (acidifiée ou alcalinisée)
"Lait" de farine
Cuisson en eau bouillante
Bouillie légère
Une partie mise de côté
Cuisson et malaxage
Cuisson et malaxage
TO


Farine de maïs, mil ou sorgho
Tamisage au "mougo témé"
(granulométrie proche de 700 µm)
Refus
Passant
eau
Granulation-roulage dans une calebasse
Tamisage au "bachi-témé"
(Ganulométrie de 1,5 mm)
Cuisson à la vapeur dans un couscoussier
Emottage au pilon
Cuisson à la vapeur dans un couscoussier
Emottage au pilon
Tamisage au "wara-wara"
(granulométrie de 2 mm)
Poudre de feuille de baobab + eau
Cuisson à la vapeur dans un couscoussier
BACHI
(Couscous)

Grains de Riz, sorgho ou mil, ou brisures moyennes de maïs

↓

Cuisson en eau bouillante

↓ ← Sucre

SERI
(malo seri, couron seri ou nien-nien seri)

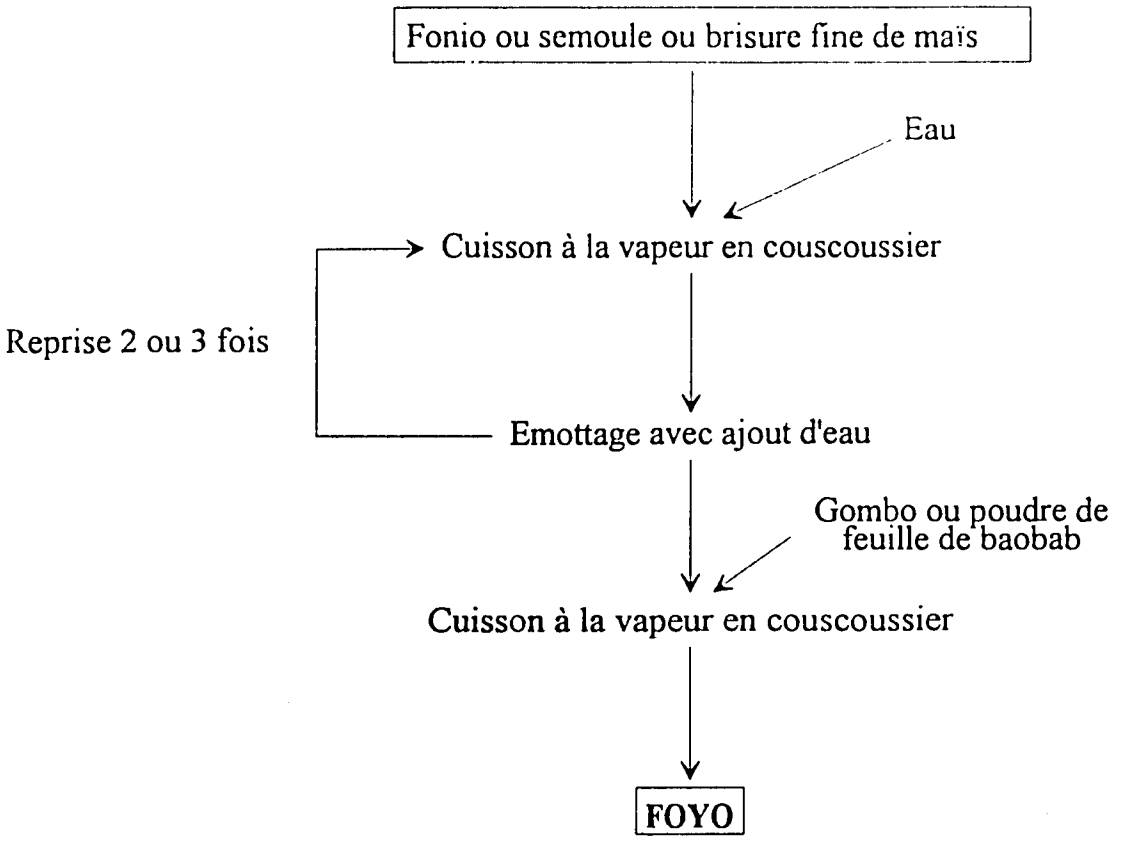
Brisures moyennes de maïs

↓

Cuisson à l'eau bouillante

↓

NIEN-NIEN KINI


Fonio ou semoule ou brisure fine de maïs
Eau
Cuisson à la vapeur en couscoussier
Reprise 2 ou 3 fois
Emottage avec ajout d'eau
Gombo ou poudre de feuille de baobab
Cuisson à la vapeur en couscoussier
FOYO

ANNEXE 2

ANALYSES COURANTES EFECTUEES

AU LABORATOIRE DE TECHNOLOGIE CEREALIERE DE L'IER

Chimiques

- Cendres
- Amylose
- Matière sèche
- Tannins
- Couche brune
- Test May-Greenwald (test décorticage-dégermage)

Physiques

- Granulométrie :
  - Tamis normalisés
  - Tamis traditionnels
- Masse de mille grains
- Vitrosité
- Dureté (AHI) (TADD) (sur sorgho)
- Rendement au décorticage (TADD) (sur sorgho)
- Densité (test de flottaison)

Organoleptiques

- Mini-tô : test dégustation (150 g)
- Mini-test : pénétrométrie (10 g)
- Mini-test couscous (en cours)

ANNEXE 3

MATERIEL DU LABORATOIRE DE TECHNOLOGIE CEREALIERE

Analyses chimiques :

- Four à cendres
- Etuve à humidité
- Spectrophotomètre UV-visible
- pH mètre (sans sonde)
- Hotte de laboratoire

Analyses physiques :

- Granulomètre "Ro-tap Shaker"
- 2 T.A.D.D.
- Texturomètre) En panne
- Compteur à grains)
- Broyeur "Cyclotec"
- Broyeur "Magic Mill III"
- Nettoyeur à grains

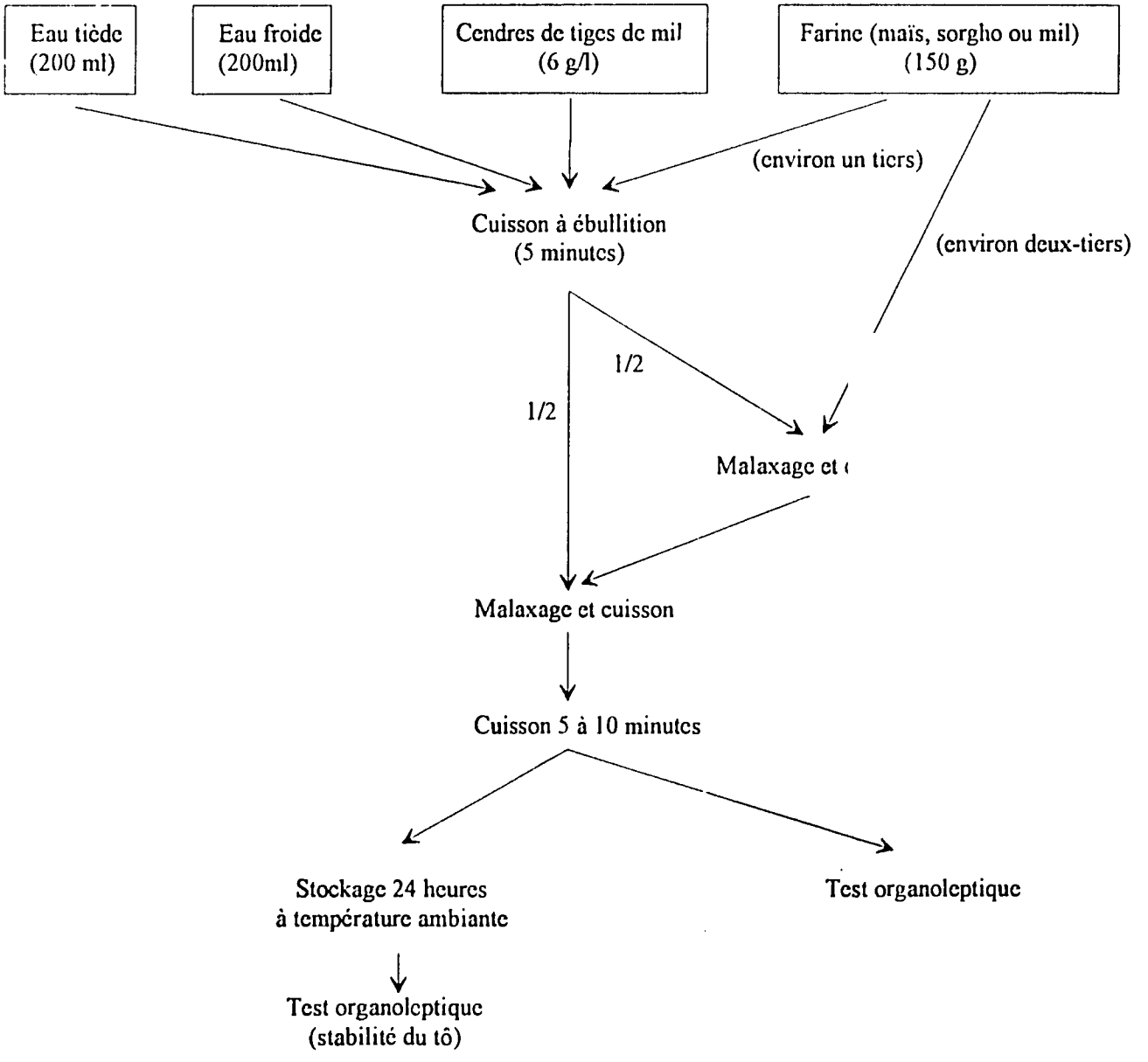
Transformation :

- Décortiqueur mini-PRL
- Nettoyeur à grains)
- Egréneur (à la place d'un dégermeur ?)) Projet
- Broyeur à marteaux (sans grille)) Canadien
- Laveur à fonio)

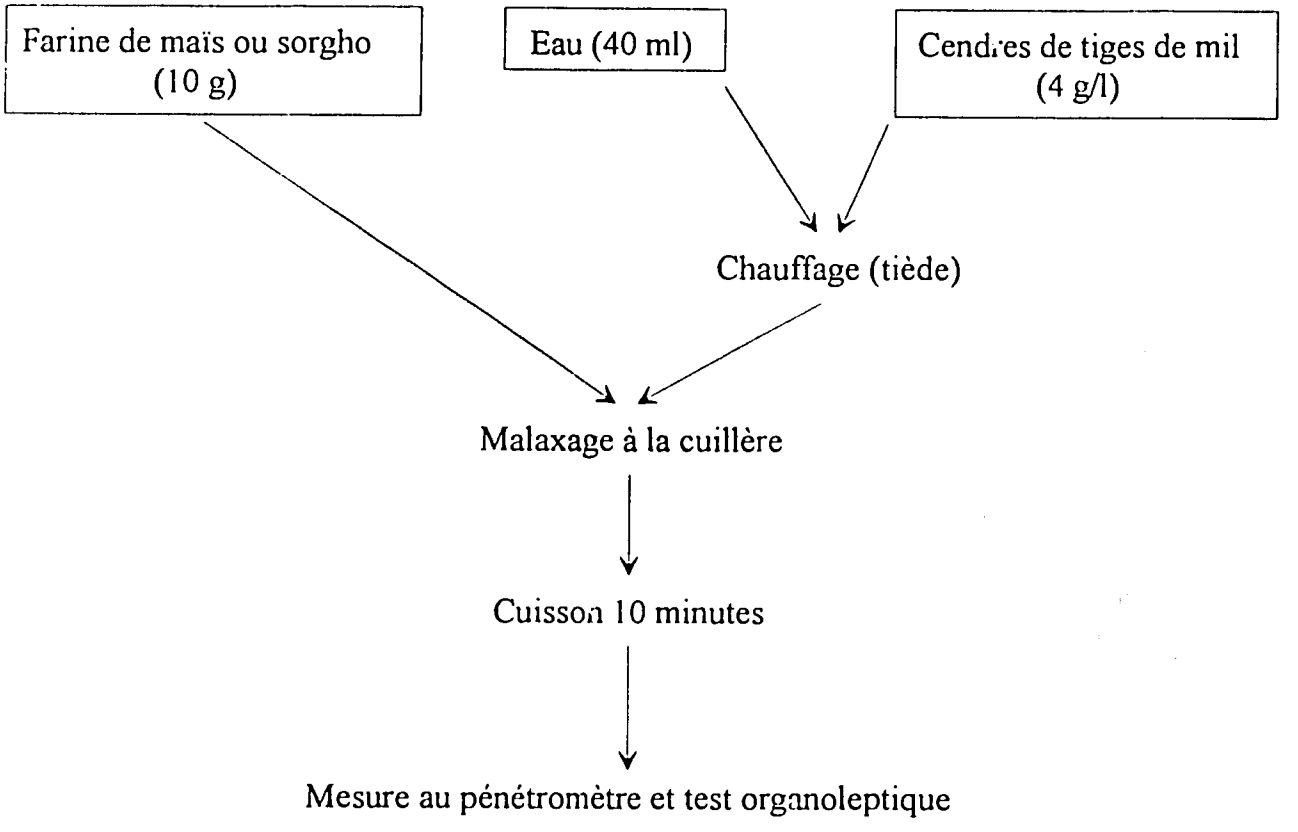
ANNEXE 4

PROTOCOLES DES TESTS PRATIQUES AU LABORATOIRE DE TECHNOLOGIE CEREALIERE POUR L'EVALUATION DE LA TEXTURE DU TO

MINI TO

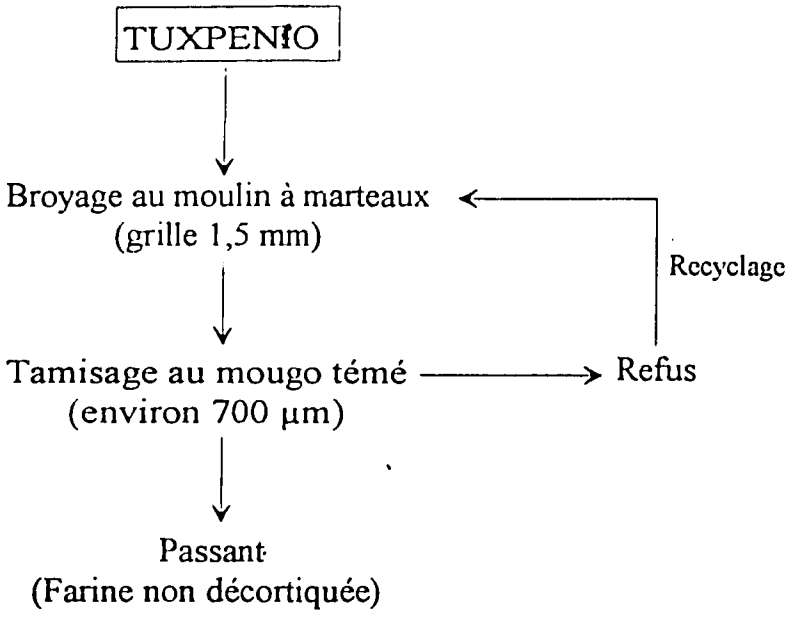

Eau tiède
(200 ml)
Eau froide
(200ml)
Cendres de tiges de mil
(6 g/l)
Farine (maïs, sorgho ou mil)
(150 g)
(environ un tiers)
Cuisson à ébullition
(5 minutes)
(environ deux-tiers)
1/2
1/2
Malaxage et
Malaxage et cuisson
Cuisson 5 à 10 minutes
Stockage 24 heures
à température ambiante
Test organoleptique
Test organoleptique
(stabilité du tô)

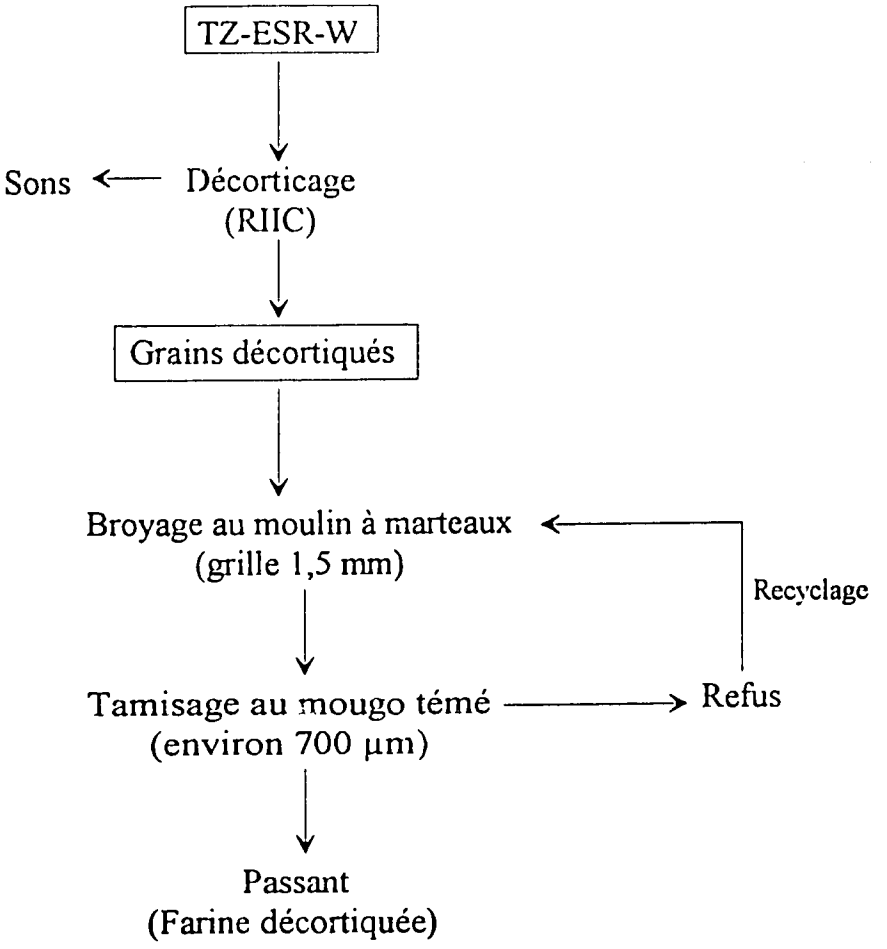
MINITEST


Farine de maïs ou sorgho (10 g)
Eau (40 ml)
Cendres de tiges de mil (4 g/l)
Chauffage (tiède)
Malaxage à la cuillère
Cuisson 10 minutes
Mesure au pénétromètre et test organoleptique

ANNEXE 5

DIAGRAMMES DE PRODUCTION DES FARINES DU DEUXIEME TEST DE CONSOMMATION A GRANDE ECHELLE


TUXPENIO
Broyage au moulin à marteaux
(grille 1,5 mm)
Recyclage
Tamisage au mougo témé
(environ 700 µm)
Refus
Passant
(Farine non décortiquée)


TZ-ESR-W
Sons
Décorticage
(RIIC)
Grains décortiqués
Broyage au moulin à marteaux
(grille 1,5 mm)
Recyclage
Tamisage au mougo témé
(environ 700 µm)
Refus
Passant
(Farine décortiquée)

LISTE DES PERSONNES RENCONTREES

INSTITUT D'ECONOMIE RURALE

. BOUGHTON D.	M.S.U.
. SANOGO O.	Département de Planification Agricole Economie Rurale
. TEME B.	Chef du Département Systèmes de Production
. COULIBALY D.	Chef du Département de Planification Agricole et Economie Rurale
. DIARRA A.	Chef du Déparemetnt de Recherches Agronomiques
. DEMBELE L.	Directeur Général Adjoint
. GOITA I.	Laboratoire de Technolgoie Céréalière (Sotuba)
. Mme BAK	Chef du Laboratoire de Technologie Alimentaire
. COULIBALY N.	Sous-programme Maïs

USAID

. MAY C.
. DEMBELE A.

CERECOM

. BESSON RASOLONDRAIBE E.
. MARIKO D.

SAMA

. Ms MAIGA, KEITA et KONYATE

CMDT

. GOITA B.

GRANDS MOULINS DU MALI

. CARRE J.
. VIGOUROUX G.

Divers

. BRUNSMA D.	
. TEFFT J.	C.P.A.M.
. RATNADASS A.	CIRAD-CA/ICRISAT
. VERGER C.	NUTRISET
. GINIES P.	