

1983/72

SR/AC

HMM/AD
REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

INSTITUT SENEGALAIS
DE RECHERCHES AGRICOLES

CN0100957

J112

TBE

RAPPORT DE SYNTHESE 1982 DU SERVICE
DE TECHNOLOGIE POST-RECOLTE

Par

Hyacinthe M. Mbengue
Ingénieur de Recherches
ISRA - CNRA/BAMBEY

RAPPORT DE SYNTHESE 1982

I - JUSTIFICATION ET OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET PILOTE DE DECORTICAGE-MOUTURE

L'augmentation des rendements par les méthodes culturales nouvelles et l'introduction de variétés plus productives peut poser des difficultés en ce sens que les pertes alimentaires augmenteront à cause de l'inefficacité des méthodes actuelles de manutention, de stockage et de transformation des produits si on n'étudie pas sérieusement la question de la prévention de ces pertes. Un maillon particulièrement important de la phase post-récolte est la transformation des produits parce que revêtant des aspects d'ordre économique mais surtout social. C'est un travail pénible, indépendant de la période de l'année, auquel la femme sénégalaise consacre en moyenne entre 1,5 et 3 heures par jour, selon la taille de la famille, sur les 9 heures que requièrent les activités ménagères (YACIUK, G. 1977). Actuellement au Sénégal, plusieurs types de machines destinées à la transformation des céréales et légumineuses sont commercialisés un peu partout sans que des tests de fiabilité technique et d'adaptation aux conditions locales aient été effectués, donc sans que l'on connaisse leurs conditions optimales d'utilisation.

C'est ainsi. que ce projet s'est propose de :

1/- déterminer les conditions optimales d'utilisation d'une imite de décorticage-mouture à sec permettant d'obtenir un produit comparable à celui que donnent les méthodes traditionnelles de transformation des céréales et des légumineuses, donc conforme aux goûts des populations sénégalaises ;

2/- étudier la stabilité des produits obtenus ;

3/- introduire le système dans le milieu réel avec étude du niveau et de la modalité d'introduction, du coût d'opportunité, des produits finis, de la consommation de ces produits et de leur acceptabilité par les consommateurs ;

4/- analyser les résultats du point de vue technique économique et social.

II - MATERIEL DISPONIBLE

- Un moteur diésel lent LISTER de 16 H.P à refroidissement par eau. Le radiateur est une cuve en ciment reliée au moteur par deux tubes de caoutchouc servant pour l'aspiration et le refoulement de l'eau.
- Une décortiqueuse HILL THRESHER SUPPLY avec système d'aspiration du son ;
- Un moulin à marteaux JACOBSON avec jeu de tamis

- Un tamiseur mécanique
- Un débit-mètre pour le carburant.
- Un tachimètre
- Un Ro-TAP pour l'analyse granulométrique
- Des chronomètres
- Une machine à sceller le plastique (électrique)
- Une bascule portée 300 kg
- Une balance marchande portée 5 kg

Un bâtiment de 7 m x 10 m d'une valeur de 1.263.540 F CFA, terrain exclu, abrite ce matériel et sert aussi de magasin d'entreposage des produits (grains, farine, sarkal, son) ainsi que de point de vente.

La valeur actuelle des immobilisations est estimée à environ cinq (5) millions de francs CFA.

III - METHODOLOGIE ET RESULTATS

3.1 - Décorticage

Les conditions optimales du décorticage des céréales ayant été déterminées dans la phase I du Projet (cf. rapports précédents de la Division Technologie Post-Récolte), nos essais ont porté sur le décorticage mécanique à sec des graines de soja.

La qualité du décorticage dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels l'humidité du grain, l'homogénéité dans les dimensions (grains calibrés ou non), l'ouverture de l'admission des grains, la vitesse de rotation des meules, l'aération et le temps de séjour.

Après des tests préliminaires, nous avons choisi trois (3) vitesses de rotation (700 - 900 - 1100 tours/mn), un batch de 25 kilogrammes, deux (2) temps de séjour (3 et 5 mn) et la ventilation maximale.

A temps de séjour égal, la vitesse $V = 700$ tr/mn se révèle être la plus performante car on obtient 1,02 % de brisures, alors qu'à 900 et 1100 tours/minute, on a respectivement 5,44 % et 6,21 % de brisures. En augmentant la durée de séjour des graines, le taux de brisures s'élève rapidement : de 3 à 5 mn, il passe de 5,44 % à 16 % à $V = 900$ tours/mn. Un temps de séjour inférieur à 3 mn est insuffisant car le décorticage n'est que partiel.

De ces premiers essais, il résulte que les vitesses $V = 900$ tours/mn et $V = 1100$ tours/mn sont pratiquement incompatibles avec la nature des graines de soja car le taux de brisures est anormalement élevé, même aux temps de séjour les plus courts ; d'autre part, on obtient beaucoup de farine dans le son, surtout quand les graines sont bien sèches. Il serait intéressant dans les prochains essais de tester différents niveaux d'humidité du grain, d'autres niveaux de batch ainsi que la vitesse $V = 650$ tours/mn afin de mieux dégager les paramètres de base pour le décorticage mécanique du soja.

3.2 - Mouture

Dans les moulins à marteaux, la qualité de la mouture et le rendement horaire dépendent de la vitesse périphérique des marteaux, de la quantité de grains dans la chambre de mouture, de la surface du tamis et du diamètre de ses

ouvertures, de l'espacement entre le tamis et les marteaux, de l'état des marteaux et du tamis (épaisseur, usure, etc.. .) et des propriétés structuralo-mécaniques des grains.

Le dispositif utilisé est une analyse factorielle à trois (3) facteurs : vitesse de rotation des marteaux (3 niveaux : 3000 - 3300 - 3600 tours/minute), hauteur d'admission des grains (3 niveaux : 7-12-18 mm pour le mil et 12-M-23 mm pour le maïs) et grosseur des mailles du tamis (4 niveaux : 0,5 - 0,7 - 1,0 - 1,5mm), les autres facteurs étant considérés constants d'un traitement à l'autre. Il y a donc eu $3 \times 3 \times 4 = 36$ traitements pour chaque céréale et 3 répétitions par traitement. La quantité de graine pour chaque répétition a été de quatre (4) kilogrammes et l'on a déterminé pour chaque opération le rendement horaire, le diamètre géométrique moyen final qui caractérise la finesse du produit, et la consommation spécifique de carburant (en ml/kg).

L'influence de la grosseur des mailles du tamis apparaît nettement sur la finesse du produit final, le rendement horaire net et la consommation spécifique de carburant. D'une façon générale, plus le diamètre des mailles du tamis est réduit, autant le diamètre géométrique moyen final des particules est petit, le rendement faible et la consommation spécifique élevée.

En effet, toutes conditions égales ailleurs, les actions d'impact entre Les graines, les marteaux et la paroi interne du tamis sont plus nombreuses si l'on veut obtenir un produit fin comme la farine que si on cherche un produit grossièrement broyé tel le sankhal. Il en résulte dans le premier cas un temps plus long et une consommation plus élevée, L'utilisation d'un tamis dépendra naturellement du produit recherché.

La vitesse de rotation des marteaux accroît le rendement net et diminue la consommation spécifique, surtout avec les tamis à grosses mailles. L'influence sur la grosseur des particules est moins nette que précédemment.

L'influence de la hauteur d'admission sur le rendement et la consommation spécifique est très nette, ce qui était d'ailleurs à prévoir. D'une façon générale, le rendement augmente avec la hauteur d'admission, cette augmentation étant toujours fonction du tamis et de la vitesse de rotation des marteaux. Par contre, la hauteur d'admission n'a pas d'effet significatif sur le diamètre géométrique moyen final.

A la suite de ces essais, nous avons recommandé les réglages suivants :

<u>MIL SOUNA</u>	Farine fine (0,15 mm) :	tamis de 0,5 mm
		vitesse $v \approx 3600$ tours/minute
		hauteur d'admission $h \approx 12$ mm
	Farine (0,19 mm)	: tamis de 0,7 mm
		vitesse $v \approx 3300$ tours/minute
		hauteur d'admission $h = 12$ mm
	Sankhal (0,25 mm)	: tamis de 1,5 mm
		vi tesse : 3300 tours/minute
		hauteur : 18 mm

MAIS

Farine fine (0,16 mm) : tamis de 0,5 mm
v = 3600 tours/minute
h = 12 mm

Farine (0,20 mm) : tamis de 0,7 mm
v = 3300 tours/minute
h = 23 mm

Semoule (0,21 mm) : tamis de 1,0 mm
v = 3600 tours/minute
h = 23 mm

Sankhal (0,23 mm) : tamis de 1,5 mm
v = 3300 tours/minute
h = 23 mm

Il est évident que ces recommandations seront susceptibles de modifications lorsque seront connus les résultats de l'analyse chimique des échantillons. Il s'agira surtout de voir jusqu'à quel point la vitesse de rotation des marteaux influe sur la composition finale du produit, l'objectif étant d'obtenir des produits sains de haute valeur nutritive.

3.3 - Fabrication de riz de maïs

Le "riz de maïs" résulte du broyage grossier du maïs décortiqué qui donne des brisures plus ou moins homogènes de la grosseur approximative des grains de riz décortiqué.

Nous avons testé plusieurs tamis et diverses vitesses mais aucun des tamis disponibles sur le marché ne donne entière satisfaction car les brisures obtenues sont très petites et le taux de farine élevé. Nous avons donc fabriqué un tamis de 4 mm qui convient parfaitement, bien qu'on obtienne diverses granulométries, ce qui justifie l'utilisation d'un tamiseur mécanique pour séparer les divers "riz" de la fraction pulvérulente (farine, semoule, sankhal). En effet, la structure mécanique des céréales et du maïs en particulier (surtout les variétés à endosperme farineux) ne permet pas d'obtenir uniquement des brisures, même aux faibles vitesses de rotation des marteaux : il y a toujours de la farine et de très petites brisures.

De nos essais, il résulte qu'avec le tamis de 4 mm à la vitesse v = 1500 tours/minute et h = 15 mm, les rendements en "riz" sont les plus élevés et la consommation spécifique plus basse plus précisément on a :

gros riz (refus du tamis de 2,5 mm)	— 24 %	} 78 %
moyen riz(" " 2,0 mm)	— 38 %	
petit riz(" " 1,5 mm)	— 16 %	
sankhal + semoule + farine (pan)	— 22 %	

La consommation spécifique de carburant (broyage + tamisage) est de 4,64 ml/kg, ce qui est très satisfaisant.

3.4 - Conservation et acceptabilité des produits

Une fois résolue la question de la transformation à sec des céréales, c'est le problème de leur conservabilité et de leur acceptabilité par les populations concernées qui se trouve posé. Il était important pour nous de connaître les paramètres de base qui régissent la transformation traditionnelle des céréales car nous ne pouvions pas ignorer les goûts des groupes sociaux à qui cette innovation est destinée : cette connaissance du milieu réel nous a permis d'adapter la

Ainsi, nous avons pu conserver dans des sachets en plastique des produits de mouture à sec qui n'ont subi aucune altération physique pendant plus de six (6) mois : ils ont conservé leurs caractéristiques physiques et organoleptiques. Il reste à savoir si leur valeur nutritive est demeurée la même ou s'il y a eu évolution avec le temps. Il résulte donc que la farine et autres produits obtenus par voie de transformation sèche se conservent bien plus longtemps que ceux obtenus par la voie humide, toutes conditions égales ailleurs. En effet, l'humidité accélère les processus de fermentation des produits de mouture et cette fermentation est d'autant plus rapide que les particules sont fines et la température ambiante élevée. La conservation est rendue encore plus difficile du fait de l'oxydation des acides gras dont l'embryon est très riche. En procédant à la transformation par voie sèche, on élimine le principal facteur de destruction biochimique des produits (la dégradation des protéines et la réduction des lipides) : l'humidité. Le taux moyen d'humidité que l'on obtient par voie sèche est de l'ordre de 10 % alors que la farine issue des méthodes traditionnelles en contient plus de 35 %. D'autre part, le décorticage par abrasion et aspiration du son et des impuretés débarasse le produit de la majeure partie des facteurs biotiques de destruction trophique, d'agression physiologique et de pollution par faune ou flore cryptogamique cosmopolite ou spécifique (de LUCA, Y. 1979).

Il a été procédé à la distribution de quelques 300 échantillons aux populations de la zone de Bambey afin de recueillir leurs avis sur cette nouvelle méthode de transformation des céréales. Nous avons reçu 126 réponses. Dans leur grande majorité, les personnes interrogées (ménagères, chefs de famille) trouvent les produits équivalents (38,1 %) ou meilleurs (48,4 %) que les produits traditionnels parce qu'ils se conservent mieux, donnent un rendement nettement supérieur lors de la cuisson (effet de gonflement dû à l'absorption d'eau) et surtout parce que la ménagère peut désormais disposer des 1,5 - 3 heures qui étaient destinées au décorticage et à la mouture. D'autre part, on peut jouer sur l'acidité du couscous en déclenchant plus ou moins rapidement le processus de fermentation de la farine : pour cela, il suffit d'humecter légèrement la farine et de l'exposer au soleil le temps voulu. Ce sont là des avantages certains. C'est pourquoi, à la question "Acheteriez-vous ce produit s'il était vendu au marché ?", le "oui" a été massif : 123 sur 126 réponses. En fait, la ménagère sénégalaise de la ville achète couramment sa farine, voire son couscous du soir au marché, dans des conditions hygiéniques souvent douteuses, sans parler du coût de cession : l'estimation volumétrique ou pondérale est inadéquate (boîte de conserve) tandis que l'emballage et surtout le scellage des capacités sont insuffisants et autorisent ainsi une infestation permanente.

Pour avoir une idée plus exacte de l'acceptation des produits par les populations, nous avons procédé à la vente de quelques 400 kg de farine et "riz de maïs". Les 102 personnes interrogées ont donné les réponses suivantes :

-- Comment trouvez-vous	le meilleur	34	---	33,33 %
le produit par rapport	identique	44	---	43,14 %
à celui que vous consom-	moins bon	13	---	12,74 %
mez habituellement ?	mauvais	11	---	10,79 %

- Quel (s) mets avez-vous préparé ?	riz au poisson ---	46
	riz à la viande ---	3
	riz à la sauce ---	6
	riz au lait ---	25
	divers riz ---	6
	lakti et gneleng ---	10
	couscous ---	16

		102

Toutes ces personnes soulignent cependant la durée excessive de la cuisson surtout pour ce qui est du "riz de maïs" qui consomme beaucoup d'eau, même après trempage plus ou moins long. C'est pourquoi nous recommandons le trempage et le passage à la vapeur qui abrègent d'une façon appréciable le temps de cuisson. On notera cependant que le pourcentage des personnes qui ont trouvé le produit identique ou meilleur est plus élevé dans le premier cas : 86,5 % contre 76,5 % dans le second cas. Ceci est probablement dû au fait que les échantillons étaient distribués gratuitement dans le premier cas tandis que nous les avons vendus au second tour ; nous pouvons supposer que les dernières réponses sont plus objectives lors même que le produit a été acheté volontairement. Il est intéressant d'autre part de relever que les personnes qui trouvent le produit moins bon ou mauvais ne savaient pas comment procéder à la préparation préliminaire ou avaient tout simplement ignoré les conseils des agents enquêteurs du service. Ceci est loin d'être négligeable car il souligne une fois de plus la nécessité d'une information permanente à tous les niveaux et l'adaptation du savoir-faire aux us et coutumes des populations locales : la technique pour la technique n'est pas concevable dans la mesure où elle met en oeuvre des hommes intégrés dans des structures socio-économiques et culturelles dont il faut bien tenir compte si l'on veut arriver à des résultats concrets et appréciés par eux.

3.5 - Introduction du système dans le milieu

L'Unité pilote de décorticage-mouture est située au Centre de la ville de Bambey, dans le quartier de Léona. Le rôle qui lui est dévolu est d'assurer le ravitaillement régulier des populations en farine, semoule, sankhal, riz de maïs et son de bonne qualité, de haute valeur nutritive, de longue conservation et d'un prix acceptable pour la grande majorité. Ainsi donc, l'Unité se propose de substituer au système actuel de travail à l'agon qui oblige le consommateur urbain à faire plusieurs transactions (d'où une augmentation du prix de revient du produit), un système nouveau où il n'achètera que le produit fini et où il n'aura point à commercer avec les intermédiaires parasites qui s'enrichissent à ses dépens et aux dépens des producteurs de base. (Là aussi, une réorganisation du marché des céréales s'impose si l'on veut que des projets de ce genre aient un impact réel et positif sur le milieu. Cette tâche revient évidemment aux pouvoirs publics). Il est aussi permis de penser que le succès de telles unités libérera la femme sénégalaise du pilage quotidien et créera le relais nécessaire entre le niveau familial et celui industriel.

L'Unité a été inaugurée le 2 octobre 1982 par le Préfet du Département de Bambey en présence du Directeur du CNRA de Bambey, du Représentant du CRDI, des chercheurs du CNRA et des notabilités de la ville ; la Presse était invitée.

Durant les trois (3) premiers mois de fonctionnement de l'unité (octobre - novembre - décembre 1982) nous avons transformé 3.335 kg de céréales dont 3.317,75 kg ont été vendus sous forme de farine, semoule, sankhal, riz de maïs et son, le restant ayant été offert à certains visiteurs nationaux et étrangers sous forme d'échantillons à tester. Les prix des différents produits ont été fixés comme suit : Farine - 135 F/kg, Semoule - 125 F/kg, Sankhal - 115 F/kg, Riz de maïs - 90 F/kg et Son - 25 F/kg. Nous sommes partis d'une prévision annuelle de 100 tonnes, ce qui semble d'ailleurs excessif au vu des premiers résultats.

La transformation des 3.335 kg a nécessité 61 litres de gas-oil, ce qui revient à 18,07 ml/kg. Nos prévisions portaient sur 23 ml/kg. Ceci est probablement dû à la continuité de la transformation dans les conditions réelles alors que lors de nos essais, il fallait arrêter le moteur après chaque répétition et redémarrer ensuite : d'où une consommation d'énergie supérieure. Il est donc normal que la consommation réelle soit inférieure à celle enregistrée en expérimentation. Par contre, le taux de décortiquage est très élevé : 41,18 %. C'est que les graines étaient de très mauvaise qualité, c'est-à-dire très attaquées, non calibrées et parfois avec des impuretés de toutes sortes : brindilles, feuilles, pierres, etc... En fait, les paysans ont tendance à vendre leurs déchets et les graines attaquées en début de campagne de commercialisation et réserver la bonne qualité pour leur consommation. Ils y réussissent en mettant au fond du sac les mauvaises graines qui n'apparaîtront qu'au moment de la transformation. Avec l'expérience, on arrive tout de même à découvrir cette supercherie, mais le vrai problème est celui de la protection efficace des stocks des paysans contre les déprédateurs.

Ainsi donc, il y a eu 3.317,75 kilogrammes de produits transformés vendus pour 1009 transactions qui représentent environ 300 personnes. De ces 300 personnes, une cinquantaine a acheté des produits une seule fois. On obtient une moyenne de 3,29 kg par personne mais les variations sont très grandes car l'écart-type est de 6,78 kg et le coefficient de variation 2,06 (206 %). C'est pourquoi, nous avons divisé les ventes en 6 classes qui correspondent à des catégories données de consommateurs (taille de la famille, événement exceptionnel comme le baptême, etc...). Pour chaque classe, nous avons calculé le pourcentage de l'effectif et du poids,

Classe (kg)	Effectif (%)	Poids (%)
0,5 - 1	50,74	15,12
1,5 - 2,5	22,50	13,70
3 - 5,5	15,86	13,51
6 - 10	6,34	16,56
11 - 20	2,97	14,65
21 - 100	1,59	21,46

La classe 21-100 kilogrammes représente généralement les ventes de son ou les achats pour événement familial exceptionnel. D'ailleurs, l'effectif décroît très rapidement à partir de 6 kilogrammes, les achats pour les besoins normaux de la famille se situent dans les trois premières classes, ce qui confirme d'une certaine façon les résultats des enquêtes de G. YACIUK en 1976 et 1977 sur la Technologie Post-récolte en milieu paysan au Sénégal.

Nous donnons ci-après les proportions des différents produits dans les ventes :

Produits	Effectif (%)	Foids (%)	Moy. (kg/personne)
Farine	52,23	38,44	2,42
Semoule	1,73	1,52	2,80
Sankhal	23,69	12,42	1,72
Riz de maïs	10,80	6,22	1,89
Son	11,50	41,40	11,84

Quant à la régularité des ventes, elle peut se considérer comme satisfaisante si l'on prend en compte l'ensemble des 3 premiers mois, même si les variations journalières sont très importantes (le minimum enregistré est 2 kg alors que le maximum est 184 kg). On a obtenu les résultats suivants :

Moyenne journalière = 45,7 kg ; écart-type = 37,43 kg ; CV=0,82
Moyenne hebdomadaire (6 jours) = 268,8 kg ; écart-type = 71,6kg ; CV = 0,27
Moyenne mensuelle = 1111,6 kg ; écart-type = 141,6kg ; CV = 0,13

Pour ce qui est de l'aspect technique, nous n'avons eu aucun problème dans le fonctionnement du moteur et des différentes machines. Il a fallu cependant nettoyer la décortiqueuse une fois par semaine car les graines n'étaient pas bien sèches et le son collait aux parois internes de la chambre de décortilage.

De ces premiers résultats, on peut retenir ceci :

* La farine et le sankhal sont les produits les plus demandés. Il faudra donc mettre l'accent là-dessus et éliminer la production de semoule car les ventes sont insignifiantes. Les ventes de riz de maïs s'annonçaient prometteuses mais il a manqué la matière première.

* Les achats de graines devront se faire avec le plus grand soin ; on éliminera systématiquement les parties non viables au moment même de l'achat.

* Les prévisions de 100 tonnes/année sont irréalistes pour le moment. Il faut compter sur un maximum de 2 tonnes par mois, ce qui est parfaitement faisable si l'unité fonctionne aussi le samedi après-midi ou le dimanche matin. Le futur gérant de l'Unité pourra organiser le travail d'une façon beaucoup plus souple et sera peut être en mesure de travailler le dimanche ou/et le samedi après-midi en fonction de la demande et des accords qu'il aura conclus avec ses employés.

* Les produits sont bien acceptés par les populations qui vantent leur conservabilité et leur rendement très élevé lors de la cuisson. Certaines ménagères nous ont affirmé qu'elles n'ont plus ce souci de la transformation du mil ni de son achat, ce qui suppose que ce problème était ressenti d'une manière particulière surtout pour ce qui est du décortilage et, de l'approvisionnement au niveau des villes.

* Ce nouveau système de commercialisation de la farine et autres produits donne satisfaction au niveau des citadins surtout. Il faut penser à l'étendre au niveau des ruraux en le combinant au système travail à façon afin de lever définitivement le goulot d'étranglement que constitue le décortiquage tant en milieu urbain que rural. Pour ce faire, il faudra réduire la taille actuelle de la décortiqueuse qui ne s'adapte point aux petites quantités journellement transformées par les ménagères sénégalaises. La coexistence de ces deux systèmes permettrait d'éliminer rapidement la séquence traditionnelle qui est anachronique et signe d'une condition féminine de plus en plus mal supportée et léverait "les blocages techniques, économiques, socio-psychologiques, voire politiques, qui freinent actuellement le développement des céréales indigènes au profit des céréales importées et souvent déjà transformées" (R. COURTE). Il ne fait aucun doute que la valorisation de la production locale entraînera la promotion de ces cultures et facilitera dans le même temps la satisfaction de l'objectif déclaré d'autosuffisance alimentaire.

LISTE DU PERSONNEL AYANT PARTICIPE
A L'EXECUTION DU PROGRAMME

Hyacinthe Modou MBENGUE	: Chercheur responsable
Malick MBODJ	: Observateur
Moctar KOUNTA	: Observateur
Cheikh BADIANE	: Mécanicien
Gana NDIAYE	: Chauffeur