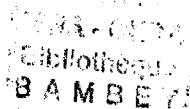


1986/67

ISSN 0850 - 8036



LA MECANISATION DE LA TRANSFORMATION DES
CEREALES AU SENEGAL :

ASPECTS TECHNIQUES ET NUTRITIONNELS

par

Hyacinthe Modou MBENGUE

Ingénieur de recherches, ISRA-CNRA Bambe

Document de travail 86-7

CN0101162
J112
FLBE

ISRA

DEPARTEMENT SYSTEMES ET TRANSFERT

CENTRE DE RECHERCHES AGRONOMIQUES DE BAMBEY

PROGRAMME DE TECHNOLOGIE POST-RECOLTE

REFERENCE: MBENGUE (Hyacinthe M.)

La Mécanisation de la transformation des céréales au
Sénégal : Aspects Techniques et nutritionnels.- Dakar
Département Systèmes et Transfert, 1986.

(Manuscrit déposé en juillet 1986)

*les opinions exprimées dans les documents de travail n'engagent que
leurs auteurs.

DÉPARTEMENT DE RECHERCHES SUR
LES SYSTÈMES DE PRODUCTION ET LE TRANSFERT
DE TECHNOLOGIE EN MILIEU RURAL

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
RESUME	1
INTRODUCTION	2
I - ASPECTS TECHNIQUES	5
1.1. Historique	5
1.2. Décorticage mécanique	6
1.3. Mouture mécanique	10
1.4.. Conservation et acceptabilité des produits de la transformation par voie sèche	12
1.5. Le parc de décortiqueurs et de moulins	14
II - ASPECTS NUTRITIONNELS	16
II.1. Généralités sur la composition des céréales	16
II.2. Incidence des techniques de transformation sur la valeur alimentaire des produits	17
CONCLUSION	20
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	21.

*

*

R E S U M E

Les mils, mais et sorghos constituent la base de l'alimentation des populations sénégalaises, même si l'on assiste aujourd'hui à une évolution des habitudes alimentaires vers des mets d'origine étrangère du fait de l'absence de transformation industrielle des céréales. C'est pourquoi la recherche s'est très tôt intéressée au traitement de ces céréales en vue d'alléger le travail de la femme, d'augmenter le temps de conservation des produits et d'adapter ces derniers au goût des consommateurs tout en maintenant leur valeur nutritive à un niveau élevé.

Même si le décorticage demeure manuel, la mouture est largement mécanisée. Les travaux entrepris dans ce domaine ont également débouché sur des produits secs et stabilisés, acceptés par les populations et facilement utilisables par la ménagère.

La vulgarisation de systèmes de décorticage et mouture à sec devrait permettre d'éliminer rapidement la séquence traditionnelle qui est très contraignante et de lever les blocages qui freinent actuellement le développement des céréales locales au profit des céréales importées,

*

*

*

MOTS - CLES : Céréales Locales, habitudes alimentaires, méthodes traditionnelles, traitement mécanique, conservation des produits, acceptabilité, valeur alimentaire.

INTRODUCTION

UTILISATION DES CEREALES LOCALES (Mil, Mais, Sorgho) ET CONTRAINTES DE TRANSFORMATION - PRODUCTION NATIONALE

Les mils, sorgho et maïs demeurent l'essentiel de l'alimentation des populations sénégalaises, surtout en milieu rural. Une enquête réalisée par le C.N.R.A. de Bambey de 1976 à 1977 sur un échantillon de 800 familles a montré que 75p.100 de la population mangent du couscous le *soir*. Cette enquête révèle que les divers plats constituant l'alimentation de base sont le couscous, le "lax" et le qnélenq, faits à partir de farine et sankhal (*) de mil, sorgho et maïs (YACIUK, 1977). Ces plats ont des méthodes de préparation différentes :

- le couscous est obtenu par cuisson de la farine à la vapeur. Il est ensuite consommé sous différentes formes (sauce d'arachide, sauce de poisson, ou de viande, lait, etc...) ;

- le lax est à proprement parler une bouillie confectionnée à partir du sankhal dont la grosseur des particules est égale ou inférieure à 1,5mm. On le consomme avec du lait ou avec une sauce à base de fruit de baobab, d'arachide ou d'huile de palme. D'autres formes de lax sont le "qourmbane" et le "niéribouna" ;

- le qnélenq est fait à partir du sankhl. La préparation est identique à celle du riz.

Ils ont néanmoins une caractéristique commune qui est le décorticage et la mouture au mortier de bois. Le grain est d'abord humecté afin que le péricarpe cède facilement sous les coups de pilon. Après cette première opération de décorticage, le grain est vanné, lavé à l'eau, puis ressuyé avant de subir la seconde opération de mouture au mortier de bois.

(*) Le sankhal est le résultat de la mouture grossière du mil, du sorgho ou du maïs ; les dimensions des particules varient en moyenne de 1 à 1,5mm.

Pour un rendement au décortilage de 83 %, une femme transforme en moyenne deux kilogrammes par heure. Le suivi des opérations traditionnelles de décortilage effectué par l'équipe de Technologie Post-récolte du CNRA de Bambey montre un taux moyen de décortilage de 22,8 % pour les mils et sorghos et 19,7 % pour le maïs (DIOP, 1980).

Ces rendements portant sur quatre kilogrammes de grains décortiqués en une seule fois, il est à prévoir qu'une augmentation de la fournée de grains dans le mortier s'accompagnera d'une diminution de la capacité de transformation. Les produits (sankhal, semoule, farine) ainsi obtenus ont une forte teneur en eau (28 p.100 en moyenne) et de ce fait ne se conservent pas plus d'une journée, à moins d'être séchés ultérieurement. En effet, l'humidité accélère les processus de fermentation des produits de mouture ; cette fermentation est d'autant plus rapide que les particules sont fines et la température ambiante élevée. La conservation de ces produits est rendue encore plus difficile du fait de l'oxydation des acides gras dont l'embryon (que la méthode traditionnelle n'élimine pas) est très riche.

L'opération de décortilage - mouture étant pratiquement quotidienne pour les raisons ci-dessus évoquées, elle s'avère être l'une des tâches les plus contraignantes pour la femme sénégalaise qui lui consacre en moyenne trois heures par jour, soit environ un tiers de son temps de travail journalier (YACIUK, 1977). Elle est difficilement réalisable en milieu urbain et de plus en plus mal acceptée par les femmes rurales elles-mêmes. Si des efforts certains ont été faits pour la mécanisation de la mouture, il n'en est pas de même pour le décortilage qui demeure une opération essentiellement manuelle tant en milieu urbain que rural. Si donc au jourd'hui on assiste à une évolution des habitudes alimentaires vers des mets de préparation d'origine étrangère, c'est en partie lié à l'absence de transformation industrielle des céréales locales, mais également au manque d'équipement pour effectuer le décortilage de façon adéquate au niveau artisanal.

Les mils et soryhos constituent l'essentiel de la production nationale céréalière. Pour les sept (7) dernières années, la production de céréales locales a été la suivante :

Campagne agricole	Mils-sorghos (tonnes)	Riz (tonnes)	Maïs (tonnes)
1978-79	802.000	14 7 . 000	54.000
1979-80	496.000	113.000	45.000
1980-81	545.000	65.000	49.000
1981-82	736.000	103.000	79.000
1982-83	585.000	105.000	82.000
1983-84	400.000*	75.000*	60.000 *
1984-85	350.000 *	70.000*	55.000 *

Sources : DGPA -- Etudes du SEMA sur les filières semences

* : estimation.

La baisse de la production est due principalement aux conditions climatiques défavorables qui prévalent au Sénégal depuis une décennie. Cette production, surtout celle des dernières années, ne satisfait pas l'ensemble des besoins céréaliers calculés sur la base de 210 kilogrammes par tête d'habitant. Le déficit est comblé par des importations variant entre 200.000 et 700.000 tonnes de céréales suivant les années. Bien que le riz constitue la plus grosse part de ces importations, le sorgho et le maïs y occupent une part non négligeable. Ceci montre une fois de plus combien les sénégalais sont attachés aux habitudes alimentaires traditionnelles et combien il est nécessaire de trouver des solutions adéquates au problème de la transformation artisanale des céréales locales.

1 - ASPECTS TECHNIQUES

Au jourd' hui au Sénégal à côté des méthodes traditionnelles de transformation des céréales locales, on trouve des techniques modernes avec utilisation de décortiqueurs et de moulins au niveau artisanal. En effet, devant les importantes contraintes rencontrées dans le processus traditionnel, la recherche s'est très tôt intéressée à la mise au point de principes de décorticage et de mouture à sec afin d'obtenir un produit stable et soulager la femme du pilage quotidien.

1.1. Historique

A la fin de la seconde guerre mondiale, des moulins à meules et à marteaux ont été introduits en Afrique Occidentale pour être testés sur les céréales locales (mil, sorgho, maïs). Les modèles manuels (mil-mil de BARRAULT-LEPINE, junior de CHAMPENOIS) ont été vite éliminés à cause de leurs débits très faibles par rapport à la méthode traditionnelle ; ceux-ci variaient entre 6 et 20 kg/heure. La majorité des essais a donc porté sur les modèles entraînés par des moteurs thermiques de 3 à 4 CV, avec des débits de l'ordre de 100 kg/heure.

Vers 1960, des constructeurs français présentent des moulins à meules combinés à une bluterie qui sépare farines, semoules et sons. Très rapidement, cependant, les utilisateurs s'orientent vers les moulins à marteaux pour les raisons suivantes :

- réglages et utilisation plus faciles ;
- meilleures adaptations au grain humide issu du décorticage traditionnel : avec les meules, l'humidité provoque un fort échauffement et une mauvaise mouture ;
- présence de morceaux de meule dans les farines, conséquence de mauvais réglages.

A partir de 1959, un groupe complet EURAFRIC (décorticage, nettoyage, mouture et blutage) est testé au CNRA de Bambey. Le décortiqueur à rotor cylindrique ne donnant pas satisfaction, le constructeur FAO (Fonderies des Ateliers de l'Ouest - VITRE - FRANCE) présente un rotor conique qui fournit un excellent travail mais s'use très rapidement.

Devant les difficultés rencontrées pour la mise au point du décortiqueur, l'idée de fabriquer un groupe unique est abandonnée.

En 1964, FAO met au point un décortiqueur-nettoyeur : rotor conique dont le débit moyen est de 150 kg/heure. Là encore, l'usure des battes est trop rapide : durée de vie = 5,5 tonnes (MBENGUE, HAVARD, 1986).

A partir de 1978, le CNRA de Bambey a entrepris des tests sur un décortiqueur mis au point par le Prairies Régional Laboratory de Saskatoon au Canada. Cet appareil donne de très bons résultats mais n'est pas adapté au travail à façon tel que pratiqué dans les différents postes de mouture tant en milieu urbain que rural. Par contre, il s'insère très bien dans une chaîne de travail en continu, comme c'est le cas à l'unité pilote de décorticage-mouture-commercialisation installée à Bambey (MBENGUE, H.M. 1985). Le mini-décortiqueur PRL fait l'objet d'études pour une éventuelle introduction au Sénégal.

1.2. Le décorticage mécanique

C'est le principe de l'abrasion du grain contre une surface rugueuse qui est utilisée par les deux types de décortiqueurs existants au Sénégal.

A - CARACTERISTIQUES DES DIVERSES MACHINES

a.1 - Le décortiqueur COMIA-FAO

. Principe de fonctionnement

Le décortiqueur se compose d'un cône métallique à axe horizontal garni de matière abrasive. Le grain arrive par la petite base et est entraîné à l'autre extrémité par un rotor muni de trois battes en caoutchouc réglagles. A la sortie du cône, un ventilateur et une petite bluterie permettent d'éliminer les sons grossiers, les glumes, les sons fins et les poussières. L'appareil peut être entraîné par un moteur électrique de 7,5 CV ou par un moteur thermique de 10 CV.

. Performances

.. Capacité - Le débit horaire varie

de 30 à 150 kilogrammes, ceci en fonction du degré de décorticage recherché. Le taux de décorticage (c'est-à-dire la quantité de

matière éliminée du grain) dépend de l'usure de la surface abrasive, du réglage des battes (écartement entre les tampons et la surface abrasive) et de l'usure de ces dernières.

. . Inconvénients - Le décortiqueur

COMIA-FAO nécessite que les grains soient calibrés et de forme presque sphérique, ce qui est difficile à réaliser dans les milieux traditionnels où le mélange de grains de grosseur variable est le cas le plus courant. En outre le cône abrasif et les battes s'usent très rapidement. Ceci constitue une importante contrainte quand on sait que l'approvisionnement en pièces détachées est très aléatoire en milieu rural, les services après-vente étant souvent limités aux villes chefs-lieux de région. Ce dernier aspect, lié au manque de formation des utilisateurs, explique probablement le peu de succès rencontré par ce type de décortiqueur.

a.2. Le décortiqueur PRL/HILL-THRESHER SUPPLY

. Principe de fonctionnement

Ce décortiqueur est une version adaptée du modèle abrasif de base, plus spécifiquement une batteuse à orge modifiée. Il est constitué par une boîte métallique dans laquelle des meules en carborundum de 27 cm de diamètre sont montées sur un axe horizontal à des intervalles variant de 1,5 à 3 cm. Ces meules forment la surface abrasive. Une entrée et une sortie d'air sont aménagées sur la face supérieure de la boîte permettant ainsi d'adapter un système d'aspiration du son et des impuretés. L'alimentation doit se faire de telle sorte que le rotor soit totalement ou à moitié recouvert de grains pendant toute l'opération. Une bouche de vidange est aménagée à l'extrémité inférieure de la boîte (côté opposé à l'alimentation) afin de permettre la récupération des déchets. Le décortiqueur PRL peut être entraîné par un moteur électrique de 8 CV ou par un moteur thermique de 10 CV.

. Performances

. . Capacité et consommations spécifiques.

Le débit horaire varie de 100 à 150 kilogrammes en fonction du régime des meules, du débit d'admission des grains et du temps de séjour dans la chambre de décorticage.

Le régime optimal des meules, a été déterminé pour trois types de céréales : 1100 tours/mm pour le mil souna, 900 tours/mm pour le sorgho local et 800 tours/mm pour le maïs BDS. Les consommations spécifiques de carburant ont également été déterminées pour ces céréales en fonctionnement optimal : 13 ml/kg pour le mil souna, 11 ml/kg pour le sorgho local et 12,5 ml/kg pour le maïs BDS.

.. Inconvénients - le décortiqueur PRL ne peut fonctionner correctement qu'à partir d'une charge minimale de 15 kilogrammes. Ceci exclut tout travail à façon dans le contexte sénégalais, car les quantités individuelles transformées dans les postes de mouture excèdent très rarement 10 kilogrammes. Les enquêtes menées dans ce domaine montrent que les besoins de consommation d'une famille sénégalaise moyenne sont de l'ordre de 5 kilogrammes par jour (YACIUK-1977). D'autre part, il y a toujours un résidu de grains et de soc. dans la chambre de décortilage, ce qui implique une vidange après chaque opération dans le travail à façon. Tout ceci fait que cet appareil n'est point adapté au travail demandé dans une meunerie publique. C'est pourquoi d'ailleurs le Rural Industries Innovation Centre du BOTSWANA a modifié la version originale du PRL en aménageant un dispositif de vidange à volet renforcé à la base de la boîte métallique et en réduisant le diamètre des meules à 22 cm. Le décortiqueur modifié PRL/RIIC peut ainsi transformer de petites quantités de grains et la vidange se fait sans avoir à arrêter l'appareil ; il peut fonctionner soit en système continu, soit en travail à façon.

B - CONDITIONS NECESSAIRES POUR UN BON DECORTICAGE

La qualité du décortilage dépend de plusieurs facteurs dont l'humidité du grain, ses dimensions et ses propriétés, structurales et mécaniques, la vitesse de rotation des organes abrasifs et leur état d'usure, la ventilation et le temps de séjour du grain dans la chambre (KUPRITS, 1967). Pour un lot de grains homogène, la qualité du décortilage dépend essentiellement de la vitesse de rotation des organes abrasifs, ceci à temps de séjour égal. En effet le décortilage par abrasion est la résultante de trois principales composantes agissant dans le même sens :

i) Le frottement du grain contre la surface abrasive ;

ii) le frottement des grains entre eux ;

iii) le frottement du grain contre le son.

Ces principales actions sont d'autant plus énergiques que la vitesse du rotor est élevée.

Les caractéristiques du grain ont une importance fondamentale dans le processus de décortiquage. Parmi ces caractéristiques, on peut citer la dureté, les dimensions, la forme, la texture et l'épaisseur du péricarpe. Chez les sorghos par exemple, les grains à péricarpe épais ou très épais demandent moins d'énergie au décortiquage que les grains à péricarpe mince (DA, AKINGBRLA, ROONEY, SCHEURING, MILLER, 1982 ; SCHEURING, SIDIBE, ROONEY, EARP, 1983 ; SHEPHERD, 1981). Ceci est dû au fait que les sorghos à péricarpe mince n'ont aucune cellule granuleuse dans le mésocarpe. Les tissus du péricarpe sont très serrés et enserrant très fortement l'endosperme, tandis que les sorghos à péricarpe épais ont d'abondantes cellules granuleuses disposées très lâchement dans le réseau du mésocarpe (SCHEURING, SIDIBE, ROONEY, EARP, 1983). Cependant à temps de décortiquage égal, les sorghos à péricarpe épais ou très épais donnent des rendements significativement plus bas que les sorghos à péricarpe mince parce que :

- les grains à péricarpe épais contiennent plus d'enveloppes (son) à cause de la présence du mésocarpe ;

- la facilité relative d'enlèvement du péricarpe épais fait que la couche d'aleurone et une partie de l'endosperme sont également enlevées lors du processus de décortiquage (SCHEURING, SIDIBE, ROONEY, EARP, 1983).

Tout ceci fait que les grains de sorgho à péricarpe mince possèdent les meilleures propriétés technologiques pour le décortiquage mécanique à sec par abrasion (MAXSON, FRYAR, ROONEY, KRISHNAPRASAD, 1971).

La vitrosité du grain influence également les rendements au décortiquage : toutes conditions égales par ailleurs, les grains farineux donnent des rendements au décortiquage plus bas que les grains vitreux. En effet, les grains farineux sont usés plus rapidement que les grains vitreux.

L'humidité du grain est un autre facteur qui influe sur la qualité du décortiquage par abrasion. Le grain doit être bien sec au moment du décortiquage pour éviter que les pellicules ne collent aux surfaces abrasives et n'en réduisent de ce fait l'efficacité.

Enfin, l'état sanitaire du grain conditionne dans une large mesure le rendement en grain décortiqué. Nous avons noté une corrélation positive entre le degré d'infestation du grain et le taux de décortiquage et de brisures. Ceci est dû à la modification de la structure mécanique du grain qui se trouve dans un état de moindre résistance : l'abrasion étant très rapide, une partie de l'endosperme est enlevée et l'on assiste également à un début de broyage (MBENGUE, 1985).

Ainsi donc, une fois remplies les conditions techniques pour un bon fonctionnement des appareils, l'efficacité du décortiquage ne sera assurée que si le grain possède les caractéristiques technologiques requises (péricarpe mince et friable, endosperme vitreux), est bien sec et indemne d'attaques parasitaires. En tout état de cause, le réglage des appareils se fera en fonction des caractéristiques technologiques, du degré de séchage et de l'état sanitaire du grain.

1.3. La mouture mécanique

Contrairement au décortiquage mécanique, très peu pratiqué, la mouture des céréales est largement mécanisée au SENEGAL. Il s'agit en général de moulins à marteaux importés ou de fabrication locale.

A - PRINCIPES DE FONCTIONNEMENTS D'UN MOULIN A MARTEAUX

De la trémie d'alimentation, les grains décortiqués tombent directement dans la chambre de mouture où ils sont broyés par percussion avec les marteaux et le tamis. Les particules dont la grosseur est inférieure au diamètre des mailles du tamis passent au travers de ce dernier, et sont dirigées vers la goulotte d'ensachage où est fixé le bac de décompression.

Les principaux réglages agissent sur :

- le débit d'alimentation, à l'aide d'un volant
- la finesse de mouture, par le choix du tamis et de la vitesse de rotation de l'arbre support des marteaux (MBENGUE, HAVARD, 1986).

B- FACTEURS INFLUENCANT LE RENDEMENT D UN MOULIN A MARTEAUX

La mouture au moulin à marteaux faisant intervenir des actions d'impacts entre les grains, les marteaux et les parois internes de la chambre, le rendement d'un tel moulin dépend de plusieurs facteurs : la vitesse de rotation des marteaux, la surface du tamis et le diamètre des mailles, l'espacement entre les marteaux et le tamis, l'usure des marteaux et la quantité de grains dans la chambre.

Les essais menés en station et le suivi de plusieurs unités de mouture ont donné des résultats ci-après (MBENGUE, 1982-1985).

La vitesse de rotation des marteaux accroît la capacité horaire et diminue la consommation spécifique de carburant ainsi que le diamètre géométrique des particules.

Il apparaît qu'en augmentant le débit d'admission, la capacité horaire augmente et la consommation spécifique d'énergie diminue. Autrement dit, il semble préférable de fonctionner avec un grand débit d'admission du grain. Ceci n'est valable pour le grain humide que jusqu'à une certaine limite, car en passant de l'ouverture moyenne à l'ouverture maximale, les rendements horaires décroissent sensiblement tandis que la consommation spécifique augmente surtout aux faibles vitesses.

L'influence du diamètre des mailles du tamis apparaît nettement sur la finesse du produit fini, la capacité horaire et la consommation spécifique de carburant : plus le diamètre des mailles est réduit, plus le diamètre géométrique moyen final des particules est petit, la capacité horaire faible et la consommation spécifique élevée. L'utilisation d'un tamis étant fonction du produit que l'on veut obtenir, il s'ensuit que la production de la farine est plus onéreuse que celle de la semoule ou du sankhal.

Les différences de capacité horaire dues au diamètre des mailles du tamis, au débit d'admission du grain et à l'interaction diamètre x débit sont hautement significatives au seuil de 5 % dans le cas du mil souna. Quant au maïs, en plus des facteurs ci-dessus mentionnés, les variations de capacité dues à la vitesse des marteaux et à l'interaction vitesse x diamètre sont hautement significatives au seuil de 5 %. Ceci montre que le maïs est plus difficile à moudre que mil souna, constatation souvent faite par les femmes. En effet, la force d'impact développée à la périphérie des marteaux augmente avec la vitesse de rotation de ces derniers (*).

Les variations de la consommation spécifique de carburant dues au diamètre du tamis sont hautement significative au seuil de 5 % pour le mil souna, tandis que pour le maïs, : Les facteurs vitesse, diamètre des mailles du tamis, débit d'admission du grain et l'interaction diamètre des mailles x débit d'admission introduisent des variations significatives au seuil de 5 %.

Dans tous les cas, les grandes vitesses de rotation des marteaux donnent les consommations spécifiques de carburant les plus faibles aux capacités horaires les plus élevées. Le réglage de l'alimentation doit se faire en fonction du tamis qui dépend à son tour du produit que l'on désire obtenir : plus les mailles du tamis sont fines, moins l'ouverture de l'admission doit être grande, ceci afin de ne pas créer des phénomènes de bourrage. Ces phénomènes de bourrage sont plus fréquents quand le grain est humide.

1.4. Conservation et acceptabilité des produits de la transformation par voie sèche

A -- CONSERVATION

Les produits issus de la transformation à sec ont une durée de conservation bien supérieure à celle des produits issus de la voie traditionnelle (décorticage et mouture manuels en humide) ou de la voie mixte (décorticage manuel et mouture mécanique en humide).

(*) $F = m \cdot r \cdot w^2$ où F = force centrifuge, exprimée en Newton
 m = masse du corps, en kg
 r = rayon, en m
 w = vitesse angulaire (rad/sec)

Les premiers peuvent garder leurs caractéristiques physico-chimiques (capacité de fermentation en particulier) et organoleptiques pendant plusieurs mois, tandis que les derniers se conservent à peine deux jours. En procédant à la transformation par voie sèche, on élimine l'eau qui est le principal facteur de destruction biochimique des produits (dégradation des protéines réduction des lipides). En effet, le taux moyen d'humidité des produits obtenus par voie sèche varie entre 9 et 11 p.100 alors que les produits traditionnels contiennent entre 30 et 35 p.100 d'eau (MBENGUE, H.M.- 1982, 1983, 1985 ; MBENGUE, HAVARD.- 1986). D'autre part, le décorticage par abrasion du son et des impuretés, non seulement élimine une part importante du germe, mais débarrasse également 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" -(LUCA, 'Y. de ; 1980). Une autre partie de ces éléments nuisibles est détruite lors du broyage sous l'action des marteaux, cette destruction étant d'autant plus complète que la vitesse de rotation des marteaux est grande et que les mailles du tamis sont fines.

B - ACCEPTABILITE

La transformation à sec étant sans nul doute une innovation dans les techniques post-récolte des céréales au SENEGAL, il était important de recueillir les avis des populations sur les produits obtenus par cette voie. C'est ainsi que 300 échantillons de farine de mil souba et de maïs ont été distribués dans les zones rurales et urbaines du département de Bambey.

Dans leur grande majorité, les personnes interrogées (ménagères et chefs de famille) ont trouvé les produits supérieurs (48,4 p.100) ou identiques (38,1 p.100) aux produits obtenus manuellement. Les principales raisons évoquées sont. :

- la supériorité de rendement en couscous par rapport à la farine traditionnelle (effet de gonflement dû à l'absorption d'eau) ;
- la possibilité d'agir sur le degré d'acidité du couscous en déclenchement plus ou moins tôt le processus de fermentation de la farine ;

- et les possibilités de longue conservation qu'un tel produit offre.

Quant aux personnes qui trouvaient que le nouveau produit était moins bon que le produit traditionnel (13,5 p.100), elles évoquaient en général la grosseur des particules, la longueur de la préparation et le manque d'acidité du couscous. Dans tous ces cas en réalité il y a eu mauvaise application des consignes dans la préparation du produit. Lorsqu'en effet nous avons redistribué le même produit à ces personnes et qu'elles l'ont préparé suivant les normes (légère humectation de la farine, exposition au soleil puis préparation selon la méthode habituelle) elles ont trouvé que le produit était au moins équivalent au produit traditionnel. Toutes les personnes interrogées au niveau des centres urbains sont prêtes à acheter ce produit s'il est disponible sur le marché à un prix "raisonnable". En fait les citadins achètent très souvent leur farine ou leur sankhal au marché dans des conditions hygiéniques très douteuses et à des prix très élevés. Il arrive même qu'ils achètent leur couscous du soir dans les mêmes conditions.

1.5. Le parc de décortiqueurs et de moulins

Le manque de données fiables se fait beaucoup sentir à ce niveau. En attendant qu'un recensement exhaustif sur l'ensemble du SENEGAL fasse le point par matériel et par marque, nous fournissons quelques estimations recueillies auprès des fournisseurs et des sociétés d'encadrement.

A. MISE EN PLACE ET SITUATION ACTUEL:LE

En 1962, 250 groupes EURAFRIC ont été placés en milieu rural. Quelques dizaines de moulins à meules et une centaine de décortiqueurs FAO ont été également distribués. En ce qui concerne les moulins à marteaux, ils ont été placés à environ 5.000 exemplaires depuis le début de la mécanisation de la mouture.

Les enquêtes réalisées au niveau du matériel de transformation montrent que seule les moulins à marteaux sont vraiment fonctionnels.

Dans les régions de Diourbel et de Thiès, il y a 605 moulins à marteaux dont. 460 sont fonctionnels et 41 décortiqueurs à mil dont seulement 12 en état de marcher, localisés en milieu urbain. En faisant une extrapolation prudente des résultats obtenus dans ces deux régions, on peut penser qu'il y a environ 2.500 moulins et 50 décortiqueurs fonctionnels sur l'ensemble du Sénégal. Ces estimations ont été faites en tenant compte des disparités régionales.

B. GSTION DES MOULINS

Les premiers résultats de notre enquête sur Thiès et Diourbel montrent que :

- la répartition entre moulins privés et communautaires est respectivement de 3/4 et 1/4. Les premiers sont généralement localisés dans les zones urbaines et semi-urbaines tandis que les seconds sont majoritaires en milieu rural ;
- les moulins communautaires sont souvent en panne et peu sont réparés, (mauvaise gestion du matériel et des fonds) ;
- les moyennes quotidiennes de produits transformés varient entre 150 et 350 kilogrammes pour les privés et 30 à 100 kilogrammes pour les communautaires. Il semble que ces moulins fonctionnent trop peu pour être rentabilisés ; ils sont souvent surdimensionnés pour les besoins des villages (MBENGUE, BAVARD, 1986).

II - ASPECTS NUTRITIONNELS

II.1. Généralités sur la composition des céréales

La graine de céréale comprend un péricarpe (7,3 à 9,3 p.100 du poids total), un endosperme (81,1 à 84,6 p.100) et un germe (7,8 à 12,1 p.100).

Les céréales sont des sources de thiamine, ribo-flavine, niacine, vitamine B6, acide folique, acide pento-thénique et biotine. La majorité de ces vitamines ont concentrée dans les couches externes du grain. Les éléments minéraux et cellulosiques ainsi que les polyphénols sont également concentrés dans les couches externes et plus précisément dans le péricarpe ; ceci explique la corrélation positive qui existe entre la teneur en cendres et la teneur en éléments cellulosiques (SCHLESINGER, 1942 ; HINTON, 1953 ; ROONEY, BLAKELY, MILLER ROSENOW, 1980). Le péricarpe contient également des protéines.

L'endosperme renferme des protéines et des vitamines du groupe B dans sa couche d'aleurone et un fort pourcentage d'amidon dans sa couche interne appelée aussi albumen farineux.

L'embryon ou germe est surtout riche en matière grasse.

En moyenne, les grains de céréales renferment de 9 à 12 p.100 de protéines qui appartiennent aux familles des glutélines, prolamines, globulines et albumines. Les glutélines et les prolamines prédominent dans l'endosperme tandis qu'on retrouve les globulines et les albumines dans les couches externes du grain (HUBBARD, HALL, EARLE, 1950 ; ROONEY, CLARK, 1968). Etant donné que les glutélines et les prolamines sont extrêmement pauvres en lysine et en thréonine, il s'en suit que les protéines de l'endosperme sont de qualité inférieure à celles des couches externes qui représentent 20 à 25 p.100 des protéines du grain. C'est ce qui explique la corrélation négative entre la teneur en lysine et la quantité de protéines dans les grains de céréales (VAVICH, KEMMERER, NIMBKAR, STITH, 1959).

11.2. Incidence des techniques de transformation sur la valeur alimentaire des produits

Les céréales sont presque toujours consommées après avoir subi de nombreuses transformations d'ordre mécanique (décorticage, mouture, blutage) et d'ordre physico-chimique (fermentation, cuisson). Leur valeur alimentaire dépendra donc de l'ampleur de ces transformations.

Un taux de décorticage élevé (supérieur à 22 p.100) élimine quasiment la couche d'aleurone et appauvrit considérablement le produit fini en éléments minéraux, en vitamines et en protéines de bonne qualité. Ces éléments se retrouvent dans le son qui est généralement destiné à l'alimentation des animaux. Par contre, un taux de décorticage inférieur à 15 p.100 préserve la couche d'aleurone et retient entre 95 et 100 p.100 des protéines initialement présentes dans le grain (HULSE, LAING, 1974 ; HULSE, LAING, PEARSON, 1980).

De même qu'un fort taux de décorticage diminue la valeur nutritive du produit fini, les faibles taux de décorticage ont une action défavorable sur la digestibilité des protéines à cause de l'insoluble formique contenu dans les parties externes du grain. La digestibilité des protéines variant inversement avec la proportion d'enveloppes enlevées, cette corrélation négative est particulièrement prononcée chez les sorghos et les mils riches en phénols. En effet les phénols et leurs produits d'oxydation réagissent avec les protéines suivant trois modalités :

- i) - liaisons hydrogène entre les groupes OH des tannins et les groupes NH, SR et OH des protéines ;
- ii) - liaisons ioniques entre les groupes anioniques des tannins et les groupes cationiques des protéines ;
- iii) - et liaisons covalentes entre les quinones et les divers réactifs des protéines ;

Les tannins peuvent aussi rendre inutilisable le fer. Ainsi les polyphénols non seulement réduisent les protéines et leur digestibilité mais ils inhibent également l'activité de différents systèmes enzymatiques dont les amylases, les lipases et les protéases (HULSE, LAING, PEARSON, 1980).

Du point de vue nutritionnel donc, particulièrement pour les grains riches en polyphénols, le décorticage ne devrait concerner que les couches externes du péricarpe et éventuellement le testa. On obtiendrait ainsi un produit de haute valeur nutritive où tous les éléments pour les besoins d'entretien des adultes seraient conservés. Cependant, les enquêtes menées dans ce domaine révèlent qu'un tel produit est très peu accepté par les populations qui préfèrent une farine composée presque exclusivement de l'albumen du grain (YACIUK, 1977 ; MBENGUE, 1982, 1985).

Le mode de transformation influe également sur la valeur alimentaire du produit fini. La transformation par voie humide, très répandue au SENEGAL, tend à réduire la valeur biologique des protéines à cause de la solubilisation des fractions protéiques les plus riches en lysine, c'est-à-dire des albumines et globulines solubles respectivement dans l'eau et dans les solutions salines neutres.

Les mils et sorghos décortiqués manuellement contiennent significativement plus de lipides et de cendres que ceux décortiqués mécaniquement. Ils contiennent également plus de protéines mais la différence n'est pas très significative. Ceci est dû au fait que le décorticage traditionnel n'élimine pas le germe comme c'est le cas au niveau du décorticage mécanique (REICHERT, YOUNGS, 1977).

Enfin, les actions mécaniques répétées et les températures supérieures à 50°C provoquent des phénomènes de dénaturation des protéines dus à l'altération de la structure spatiale des chaînes polypeptidiques et à la dissolution des liens hydrogènes en certains points de la macro-molécule. Ceci est particulièrement accentué dans la mouture mécanique à sec, où la température s'élève rapidement quand la vitesse de rotation des marteaux augmente. C'est ainsi qu'on a pu observer une tendance à la diminution des teneurs en protéines en passant, de 3.000 à 3.600 tours/minutes, cette diminution étant plus accentuée avec l'utilisation des tamis à mailles très fines (MBENGUE, 1983)

L'amélioration des méthodes traditionnelles de transformation des céréales locales devra donc être abordée non seulement sous un angle technique mais également sous l'angle de la valeur alimentaire des produits finis, l'objectif étant de concilier l'optimum technique et l'optimum nutritionnel.

C O N C L U S I O N

Au SENEGAL la mouture des céréales est dans une large part mécanisée, ce qui n'est pas le cas pour le décortilage qui demeure manuel. Il y a donc à proprement parler coexistence de la méthode traditionnelle et de la méthode mixte (décortilage manuel + mouture mécanique). La méthode mixte représente objectivement une évolution vers une mécanisation plus complète de la transformation des céréales locales. Cependant, ces procédés ne permettent pas une longue conservation des produits et constituent un goulot d'étranglement dans la séquence post-récolte du mil et du sorgho.

Les travaux d'amélioration du système de décortilage et de mouture ont débouché sur une farine sèche et stabilisée, acceptée par les populations et facilement utilisable. Le nouveau système de traitement du grain et de commercialisation des produits finis préconisé à Fatick semble donner satisfaction au niveau des centres urbains et semi-urbains où les populations ont pris l'habitude d'acheter ces produits au marché. Afin de transférer ces résultats au niveau du monde rural, il convient de modifier l'actuel décortiqueur qui ne s'adapte point aux petites quantités transformées quotidiennement par la femme rurale. Ceci permettrait d'éliminer la séquence traditionnelle qui est de plus en plus mal supportée, et de lever "les blocages techniques, économiques, socio-psychologiques, voire politiques qui freinent actuellement le développement des céréales locales au profit des céréales importées et souvent déjà transformées" (TOURTE, 1981). La réduction de la croissance de la consommation des produits d'origine extérieure, qui est un objectif compatible avec la recherche d'une meilleure satisfaction des consommateurs, implique donc une intensification des actions au niveau de la technologie alimentaire et de ses applications industrielles. Mais c'est surtout au niveau artisanal et de la petite industrie de décortilage et de mouture qu'il convient de porter l'effort pour répondre aux besoins des ménagères tant au niveau urbain qu'au niveau rural.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIES CITEES

- . DA, S , AKINGBALA, J.O. ROONEY, L.W., SCHEURING, J.F., MILLER F.R. - 1982 - Evaluation of to quality in a sorghum breeding program. Sorghum Grain Quality. ICRISAT, Patancheru, INDIA.
- . DIOP, A. 1980. -- Essais d'ajustement du moulin Jacobson et paramètres de base pour le décorticage. ISRA - CNRA de Bambey, SENEGAL.
- . HINTON, J.J.C. 1953. - The distribution of protein in the maize kernel in comparison with that in wheat. Cereal Chem. 30 (5), 441 - 445.
- . HUBBARD, J.E., HALL, H.H., EARLE, B.R., 1950. - Composition of the component parts of the sorghum kernel. Cereal Chem. 27, 415-420.
- . HULSE, J.H., LAING, E.M., 1974.- Nutritive value of tritical protein. IDRC - 021e, Ottawa, CANADA.
- . HULSE, J.H., E.M. PEARSON, O.E. 1980. - Sorghum and the millets. Their composition and nutritive value. Academic Press, London, New York, Toronto,, Sydney, San Francisco.
- . KUPRITS, Ya N. 1967.- Technology of grain processing and provender milling - US Department of Agriculture. National Science Foundation, Washington, D.C.
- . LUCA, Y de, 1980.- Les aléas post-cultureux. In "la conservation des denrées alimentaires cultivées en climat chaud et humide" pp. 22-44.

Actes du premier Colloque International de Technologie tenu à Yaoundé du 5 au 10 Novembre 1979.

AUPELF, Montréal, Paris, Dakar.

- . SCHEURING, J.F., SIDIBE, S ; ROONEY, L.W. ; EARP, C.F.-
1983.- Sorghum pericarp thickness and its relation
to decortication in a wooden mortar and pestle.
Cereal Chem. 60 (1), 86-89.
- . SCHLESINGER, J.S. 1942.- Correlations between crude fibre
and ash for wheat shorts.
Cereal\$ chem. 19, 838-839.
- . SHEPHED, A.D. 1981.- How a typical sorghum peels.
Cereal chem. 58 (4), 303.
- . TOURTE, R.- 1981 - Des céréales à l'écart des technologies
intermédiaires de post-récolte : le mil et le
sorgho.
Machinisme agricole Tropical, 75, 46-52.
- . VAVICH, M.G., KEMMERER, A.R., NIMBKAH, B., STITH, L.S. 1959 -
Nutritive value of low and high protein sorghum
grains for growing chickens.
Poult, Sci. 38, 36-40.
- . YACIUK, G. 1977.- Résultats de l'enquête sur la technologie
post-récolte en milieu rural au Sénégal.
ISRA-CNRA de Bambey, SENEGAL.

- . MAXSON, E.D. ; FRYAR, W.B. ; ROONEY, L.W. ; KRISHNAPRASAD, M.N. , 1971.- Milling properties of sorghum grain with different proportions of corneous to floury endosperm.
Cereal Chem. 4% ; 478.

- MBENGUE, H.M. ; 1982.- Décorticage et mouture mécanique à sec des céréales et du soja au Sénégal. Etude technique et socio-économique du système dans le milieu.
ISRA - CNRA de BAMBEY, SENEGAL.

- MBENGUE, H.M., 1985.- Projet de technologie post-récolte 3-p-79-0066 Phase II - Rapport final,
Document de travail n° 1985-10
ISRA Département Systèmes et Transfert, Dakar,
SENEGAL.

- . MBENGUE, H.M., HAVARD, M.M.- 1986 - La technologie post-récolte du mil du Sénégal. Importance relative des filières et des techniques utilisées. Etude des différents niveaux de mécanisation.
Document de travail n° 1986-2
ISRA, Département Systèmes et Transfert, DAKAR,
SENEGAL.

- . HEICHERT, K.D., YOUNGS, C.G. 1977.- Dehulling cereal grains and grain legumes for developing countries, II Chemical Composition of mechanically and traditionally dehulled sorghum and millet.
Cereal Chem. 54 (1), 174-178.

- . ROONEY, L.W., CLARK, L.E. 1968.- The chemistry and processing of sorghum grain-
Cereal Sci. Today 13, 259-264-265, 285-286.

- . ROONEY, L.W., BLAKELY, M.E., MILLER, F.R., ROSENOW, D.T., 1980.- Factors affecting the polyphenols of sorghum and their development and location in the sorghum kernel, in "polyphenols in Cereals and legumes"
pp 25-35 - IDRC - 145e, Ottawa, CANADA.