

1985/80

Extrait de « JOURNEES D'ETUDES SUR LA MECANISATION DE LA RECOLTE ET DES TRAITEMENTS SUBSEQUENTS DES PRODUITS AGRICOLES EN AFRIQUE TROPICALE ET FABRICATION DES MATERIELS ET DES EQUIPEMENTS CORRESPONDANTS

BIBLIOTHEQUE
BAMBEY

Mau 15 février 1985 Yaoundé (Cameroun)

LA TRANSFORMATION DES CEREALES AU SENEGAL :

ASPECTS TECHNIQUES ET NUTRITIONNELS

par

ISRA - CNRA
BAMBEY
1985 - 1986

CN0101112
J110
TBE

Hyacinthe Modou MBENGUE

Ingénieur de Recherches à l'ISRA - CNRA/BAMBEY

MINISTERE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

I.S.R.A.

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

Département de Recherche sur les Systèmes de Production et le Transfert de Technologies en milieu rural.

REPUBLIQUE DU SENEGAL

R E S U M E

Les mils, sorgho et maïs constituent la base de l'alimentation des populations sénégalaises. On assiste cependant à une évolution des habitudes alimentaires vers des mets de préparation d'origine étrangère du fait principalement de l'absence de transformation industrielle des céréales locales. En effet, les méthodes traditionnelles de transformation des céréales sont très contraignantes pour la femme, ne permettant pas une longue conservation des produits finis et diminuent leur valeur nutritive (fort taux de décortilage, stabilisation des protéines).

Les travaux entrepris sur le traitement de ces céréales ont débouché sur une farine sèche et stabilisée, facilement utilisable par la ménagère. Le système de transformation à sec et commercialisation des produits finis préconisé à Bambey peut être viable économiquement et socialement si les disponibilités en céréales locales sont assurées. Il faut par contre l'adapter aux zones rurales en le remplaçant par le travail à façon afin de répondre aux besoins de ces populations, tout en maintenant le principe de la transformation à sec. Ceci devrait déboucher rapidement sur l'élimination de la séquence traditionnelle qui est anachronique et signe d'une condition féminine en plus mal supportée.

* * *

S U M M A R Y

Millets, sorghum and maize constitute the diet basis for Senegalese populations. Nevertheless the evolution of alimentary habits into foreign dishes can be observed that is mainly due to the lack of industrialized processing technology for local grain crops. In effect the traditional grain processing methods prove extremely hard for women, do not allow long-term conservation of the finished products and reduce their food value (high shelling percentage, stabilization of proteins).

The works undertaken regarding local grain processing have produced a dry and stabilized flour of easy use for housewives. The dry processing and marketing system for the finished products such as recommended at Bambey can be economical and socially viable provided that local grain availabilities are assumed. On the other hand, the system must be adapted to rural areas replacing it by the job working system so as to satisfy the needs of such populations while maintaining the dry processing principle. This should rapidly result in the suppression of the traditional sequence that proves anachronistic and symbolizes an increasingly ill-tolerated feminine condition.

* * *

INTRODUCTION

Les mils, sorghos et maïs demeurent l'essentiel de l'alimentation des populations sénégalaises, même si les habitudes alimentaires ont progressivement évolué, Surtout en milieu urbain, vers des mets de préparation d'origine étrangère (pain, biscuits, pâtes alimentaires, riz blanc) dont la base est constituée de céréales importées (riz et blé). Cette évolution a certes des motifs psychologiques mais elle est fondée principalement sur l'absence de transformation industrielle des céréales locales.

Cependant, toutes les enquêtes réalisées dans ce domaine révèlent que les sénégalais demeurent, en grande majorité, attachés aux habitudes alimentaires traditionnelles. Une enquête financée par le Centre Canadien de Recherches pour le Développement International (CRDI) et réalisée par le Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey (CNRA) en 1976 et 1977, sur un échantillon de 800 familles, a montré que 75 % de la population mangent du couscous le soir et que les divers plats constituant l'alimentation de base sont principalement le couscous, le lakh et le gnélang faits à partir de farines de mil, sorgho ou maïs. Tous ces types de plats ont des méthodes de préparation différentes les unes des autres. Néanmoins, le décorticage préalable du grain est leur caractéristique commune. Cette opération est l'une des tâches les plus pénibles pour la femme sénégalaise ; ce procédé traditionnel ne permet pas une conservation supérieure à une journée sur la teneur en eau du grain est élevée, ce qui oblige à le consommer rapidement. L'unique décortiqueuse à mil actuellement commercialisée au Sénégal, est la décortiqueuse COMIA-FAO, mais elle ne répond pas aux exigences des ménagères. Ainsi, le manque d'équipement adapté peut être considéré comme un des freins majeurs au développement des produits à base de céréales locales tant au niveau urbain que rural.

La réduction de la croissance de la consommation des produits d'origine extérieure, qui paraît être 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 décorticage et de mouture qu'il convient de porter l'effort pour répondre aux besoins des ménagères, le pilage étant difficile à réaliser en milieu urbain et de plus en plus mal accepté par les femmes rurales elles-mêmes. C'est à cette seule condition que l'on pourra maintenir en ville un comportement alimentaire à base de céréales locales et qu'il sera possible d'introduire sur ces marchés des produits de seconde transformation dérivés de ces céréales. A défaut de telles actions, l'ensemble de la demande urbaine potentielle en produits à base de mil, sorgho et maïs risquerait de se déplacer en totalité vers le riz et le blé de façon irréversible.

ASPECTS TECHNIQUES

Au Sénégal, à côté des méthodes traditionnelles de transformation des céréales, on trouve des techniques modernes avec l'utilisation de décortiqueurs mécaniques et de moulins à marteaux.

Décortilage et mouture manuelle

Ces opérations se font au mortier de bois. Le grain est d'abord humecté lorsqu'on l'introduit dans le mortier afin que le péricarpe cède facilement sous les coups de pilon. Après cette première opération de décortilage (enlèvement du péricarpe), le son est séparé par vannage, brassage et lavage à l'aide d'un van en osier, de calabasses et même quelquefois de tamis à larges ouvertures.

Les graines décortiquées et ressuyées sont remises dans le mortier pour la deuxième transformation en farine et "sankhal". L'obtention de la farine nécessite plusieurs passages au mortier suivis de tamisages jusqu'à ce qu'on atteigne la finesse désirée. Le produit ainsi obtenu contient entre 30 et 35 % d'eau et de ce fait ne se conserve pas plus d'une journée à cause de l'oxydation accélérée des acides gras dont l'embryon est très riche. Si ces produits ne subissent pas le phénomène du rancissement ci-dessus évoqué, ils maintiennent leur valeur nutritive car tous les éléments pour les besoins d'entretien des adultes sont conservés (BASSE, MT, 1980). On estime que l'ensemble de ces opérations dure un peu plus d'une heure pour préparer deux kilogrammes de mil. Pour ce qui est du décortilage à proprement dit, nous avons effectué le suivi d'un groupe de dix femmes choisies au hasard dans un village (SONKORONG). Les essais ont porté aussi bien sur du mil souna III que sur du maïs BDS. Le tableau suivant donne les résultats des essais sur des échantillons de quatre kilogrammes. Chaque essai a comporté cinq répétitions.

	Taux de décortilage (%)			Rendement horaire moyen (kg/h)
	Min.	Max.	Moyen	
Souna III	20,9	24,7	22,8	8
Maïs BDS	17,7	21,7	19,7	7,5

Le taux de décortilage moyen pour le mil souna est significativement différent de celui du maïs au seuil de 5 %, tandis que les rendements obtenus pour les deux types de céréales ne présentent pas de différences significatives au seuil de 5 %. Ceci tend à confirmer que le maïs est plus difficile à décortiquer que le mil souna, fait affirmé par les femmes (DIOP, A., 1980).

Décortilage mécanique

C'est le principe de l'abrasion du grain contre une surface

DECORTIQUEUR 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 battes de caoutchouc. A la sortie du cône, un ventilateur et une petite blutterie 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 chevaux ou par un moteur thermique de 10 chevaux.

* Performances :

. Rendements : le rendement horaire varie de 200 à 300 kg en fonction du degré de décortilage recherché qui dépend à son tour de l'usure de la surface abrasive, du réglage des battes et de l'usure de ces dernières.

, Inconvénients : le décortiqueur COMIA-FAO nécessite que les grains soient de grosseur homogène 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.

Le cône abrasif et les battes en caoutchouc s'usent très rapidement. Ceci constitue une véritable contrainte dans un milieu où l'approvisionnement en pièces détachées est aléatoire. En outre, avec l'usure des organes abrasifs, deux à trois passages du grain sont parfois nécessaires pour obtenir un décortilage "correct", c'est-à-dire l'enlèvement complet du péricarpe, parce que les populations sont très sensibles à la présence de son dans la farine. Elles préfèrent une farine composée presque exclusivement de l'endosperme, ce qui n'est pas souhaitable du point de vue nutritionnel à cause de l'appauvrissement en vitamines, protéines et sels minéraux concentrés dans les couches externes du grain.

C'est pourquoi ce décortiqueur a rencontré peu de succès au Sénégal ; sur une centaine d'unités recensées dans les zones rurales, très peu sont en état de fonctionnement.

DECORTIQUEUR PRL/MILL THRESHER SUPPLY

* Principe de fonctionnement : Ce décortiqueur est constitué par une boîte métallique dans laquelle des meules de carborundum de 27 cm de diamètre montés sur un axe horizontal à des intervalles variant de 7,5 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 légères. L'appareil peut fonctionner sans entrée ni sortie d'air, auquel cas on obtient un mélange de son et de grains décortiqués qu'il faut séparer par vannage mécanique ou manuel. L'alimentation doit se faire de telle sorte que le rotor soit totalement ou à moitié couvert de grains pendant toute l'opération de décortilage. Le décortiqueur PRL exige une puissance motrice de 8 chevaux.

* Performances :

. Rendements : ils varient de 100 à 200 kilogrammes par heure en fonction du débit d'admission des graines et de leur temps de séjour dans la chambre de décortiquage. Ces rendements sont obtenus avec les réglages optimaux déterminés lors des essais d'ajustement du décortiqueur. Ces réglages sont :

- Mil souna : 1.100 tours/minute, ventilation moyenne.
- Sorgho : 500 tours/minute, ventilation maximale.
- Mals : 800 tours/minute, ventilation maximale.

. Inconvénients : ce décortiqueur ne peut fonctionner correctement qu'à partir d'un minimum de 20 kg, alors que les quantités individuelles transformées dans toutes les postes de mouture excèdent rarement 10 kg.

D'autre part, il y a toujours un résidu de grain et de son au fond de la chambre de décortiquage, ce qui complique les opérations dans le cas d'une meunerie publique, car il faut arrêter l'appareil après chaque traitement et récupérer les graines du fond avec ce que cela comporte de temps morts et de perte d'énergie.

CONDITIONS NECESSAIRES POUR UN BON DECORTICAGE

Afin que le décortiquage par abrasion se fasse correctement, les grains doivent avoir un péricarpe friable et un endosperme vitreux car la présence de grains farineux se traduit par une baisse du rendement en farine dans la mesure où ces grains sont usés plus rapidement que les grains vitreux, toutes conditions égales ailleurs. Le réglage des appareils se fera en fonction des caractéristiques technologiques des graines à transformer. En outre, les graines doivent être bien sèches au moment du décortiquage pour éviter que les pellicules collent aux surfaces abrasives et n'en réduisent de ce fait l'efficacité. Enfin, les graines doivent être indemnes d'attaques par les moisissures et/ou les insectes. On note en effet une corrélation positive entre le degré d'infestation des grains et le taux de décortiquage ainsi que la quantité de brisures et de déchets au fond de la chambre de décortiquage. Ceci est dû à la modification de la structure mécanique du grain qui se trouve dans un état de moindre résistance. Dans ce cas, l'abrasion étant très rapide une bonne partie de l'endosperme est enlevée et se retrouve dans le son. Quand l'attaque est très forte, un début de broyage se produit, les brisures s'entassent au fond de la chambre car elles sont trop lourdes pour être aspirées avec le son et trop petites pour remonter vers la trappe de sortie avec le mouvement hélicoïdal créé par le rotor (cas du décortiqueur PRL).

Ainsi donc, une fois remplies les conditions techniques pour un bon fonctionnement des appareils, l'efficacité du décortiquage ne sera assurée que si les graines possèdent les caractéristiques technologiques requises. sont bien sèches (11 %) et indemnes d'

Mouture mécanique

Contrairement au décortilage mécanique très peu pratiqué, la mouture des céréales est largement mécanisée au Sénégal. Il s'agit en général de moulins à marteaux importés ou fabriqués au Sénégal par l'industrie ou par les artisans locaux.,

Le décortilage étant encore manuel, donc s'effectuant par la voie humide, les grains qui sont amenés dans toutes les formes de mouture ont une forte teneur en eau (environ 28 %, base humide), tandis que le grain sec avant décortilage a une teneur en eau d'environ 11 % base humide. C'est pourquoi il a paru nécessaire de voir l'effet du fort taux d'humidité des grains sur l'ajustement du moulin, sur son rendement horaire, ainsi que sur la qualité du produit fini. Les essais ont donc porté aussi bien sur du grain sec (décortiqué mécaniquement) que sur du grain humide (décortiqué manuellement) .

Il apparaît nettement que plus l'ouverture de l'alimentation est grande, plus les rendements sont élevés et moindre est la consommation spécifique d'énergie. Autrement dit, de prime abord, il semble préférable de fonctionner avec un grand débit d'admission des graines. Ceci est valable pour le grain humide jusqu'à une certaine limite car en passant de l'ouverture moyenne à l'ouverture maximale, les rendements décroissent sensiblement surtout aux faibles vitesses de rotation (2.000 tours/mn).

Dans tous les cas, les grandes vitesses (2.500 et 2.700 tours/mn) donnent les consommations d'énergie les plus faibles aux rendements les plus élevés (DIOP, A., 1980).

Etant donné que l'on s'oriente désormais au Sénégal vers le système du décortilage/mouture à sec des céréales tant au niveau urbain que rural (ceci afin d'augmenter la durée de conservation de la farine, d'alléger le travail de la femme et lui permettre de s'adonner à d'autres activités économiques et culturelles plus rentables), nous avons repris les essais de mouture à sec afin de voir l'influence de la vitesse de rotation des marteaux, du débit d'admission et de la grosseur des mailles du tamis sur la qualité du produit fini, le rendement horaire et la consommation spécifique d'énergie,

L'influence de la grosseur des mailles du tamis apparaît nettement sur la finesse du produit fini, le rendement horaire et la consommation spécifique d'énergie ; plus le diamètre des mailles du tamis est réduit, plus le diamètre géométrique moyen final des particules est petit, le rendement horaire faible et la consommation spécifique élevée. L'utilisation d'un tamis dépendra du produit que l'on veut obtenir ; les tamis de 0,5 et 0,7 mm donnent de la farine plus ou moins fine, tandis que ceux de 1,0 et 1,5 mm donnent respectivement de la semoule et du sankhal. Ceci veut dire que la production de farine est plus onéreuse que celle de la semoule ou du sankhal..

Un autre élément très important dans la conservation du produit fini est l'état sanitaire du grain avant transformation. Si les lots de céréales sont très attaqués, il y a risque de retrouver dans le produit fini des oeufs ou des larves qui continuent ainsi leur développement dans un milieu plus propice (plus grande superficie de contact et utilisation facile des éléments nutritifs du fait de l'élimination des enveloppes et de la réduction du grain en particules plus fines) .

Nous avons procédé à la distribution de trois cents échantillons de farine de mil et de maïs aux populations de la zone de Bambey afin de recueillir leurs avis sur cette nouvelle méthode de transformation des céréales. Dans leur grande majorité, les personnes interrogées (ménagères et chefs de famille) trouvent les produits identiques (38,1 %) ou meilleurs (43,4 %) que les produits transformés manuellement parce qu, ils donnent des rendements nettement supérieurs lors de la préparation des mets (effet de gonflement dû à l'absorption d'eau) et aussi parce qu' il est possible d'agir sur le degré d'acidité du couscous en déclenchant plus ou moins tôt le processus de fermentation de la farine ; pour cela, il suffit d'humecter légèrement la farine sèche et de l'exposer au soleil le temps voulu. A la question "achèteriez-vous ce produit s'il était vendu au marché ?", toutes les ménagères ont répondu "OUI" à la condition qu'il ne soit pas trop cher par rapport à la farine traditionnelle vendue sur tous les marchés dans des conditions hygiéniques souvent douteuses et à un prix très élevé.

C'est sur la base de ces résultats que nous avons installé à Bambey une unité pilote de décorticage/mouture à sec des céréales locales qui fonctionne depuis octobre 1982.

Cette unité se propose d'assurer le ravitaillement régulier des populations en farine, semoule, sankhal, riz de maïs et aliment du bétail de bonne qualité, de haute valeur nutritive, de longue conservation et d'un prix acceptable pour l'ensemble de la population. Ceci devrait permettre en outre de substituer au système actuel de travail à façons, qui oblige le consommateur urbain à faire plusieurs transactions, un système nouveau où on n'achèterait que le produit fini.

Durant les deux premières années de fonctionnement de cette unité, aucune panne technique n'a été enregistrée, l'entretien de tout le matériel étant assuré régulièrement par un personnel formé à cet effet. Ce qui est plutôt au ni veau des quantités transformées que le véritable problème s'est posé. En effet, on a traité 37 tonnes de céréales pendant cette période, ce qui représente une moyenne annuelle de 13,5 t contre 100 t initialement prévues. Ainsi, la capacité de travail de l'unité est loin d'être utilisée, d'où une rentabilité très faible, voire nulle. Ceci n'est pas dû à une demande insuffisante de la part de la population qui, au contraire, a très bien accueilli l'installation de l'unité de transformation : cette demande n'a jamais pu être satisfaite correctement. C'est bien le manque chronique de céréales locales qui est à l'origine

de cette sous-utilisation des infrastructures : le rythme des transformations dépend strictement de la disponibilité de céréales sur le marché. Le coefficient de variation mensuelle a été de 15,33 % tandis que les variations journalières ont atteint 77,75 %. Les campagnes agricoles désastreuses qui se succèdent depuis quatre ans ont pour effet de réduire les disponibilités en céréales. Cependant, un assainissement des circuits de commercialisation sera de nature à rationaliser la redistribution du commercialisable, donc à réduire les fluctuations du marché qui est contrôlé en grande partie par les commerçants intermédiaires en dehors de toute réglementation.

Il est certain que si les disponibilités céréalieres avaient permis un fonctionnement optimal de l'unité de transformation, celle-ci aurait non seulement satisfait Les besoins des populations de Bambey, mais aussi des localités voisines,

Des installations comme celles de Bambey ne peuvent fonctionner correctement que si leur ravitaillement est assuré toute l'année ; ce n'est qu'à cette condition première qu'elles remplissent pleinement leur rôle. Dans les campagnes, elles peuvent servir à la transformation du surplus de production, ceci afin que les producteurs puissent profiter le plus possible de la valeur ajoutée ainsi générée. C'est là un cas qui demande des études approfondies. L'expérience du village de Sonkorong a montré que, pour les besoins de la consommation immédiate, ce système n'est point adapté aux populations rurales qui préfèrent utiliser les graines qu'elles-mêmes ont produites. C'est pourquoi un projet conjoint ISRA-SISMAR a vu le jour qui doit permettre la mise au point d'un décortiqueur répondant aux besoins de traitement des graines dans un village et pouvant être fabriqué au Sénégal. Le succès d'un tel projet encouragera sans nul doute l'utilisation des ressources locales (allègement des travaux de préparation, amélioration de la qualité nutritive des produits) et stimulera l'économie du pays (redynamisation de l'artisanat et de l'industrie, réduction des importations de céréales). En d'autres termes, ces nouveaux procédés pourront relever le niveau de vie de populations concernées alors que les méthodes traditionnelles ont tendance au statu quo.

ASPECTS NUTRITIONNELS

Les céréales sont des sources de thiamine, riboflavine, niacine, vitamine B6, acide folique, acide pentothénique et biotine. La majorité de ces vitamines est concentrée dans les couches externes du grain,

Le taux de protéines peut varier dans des limites assez larges, tout comme la proportion des différents acides aminés : ils dépendent des techniques culturales appliquées, de la variété et de la grosseur des graines (ADRIAN, SAYERSE, 1957 ; BIDEAU, HINTON, 1953 ; HULSE, LAING, 1974 ; HULSE, LAING, PEARSON, 1980). En moyenne les grains de céréale renferment de 9 à 12 %

de protéines. La proportion de ces protéines diminue progressivement de la couche d'aleurone vers les couches externes du péricarpe (HINTON, 1953). Les principales protéines qu'on rencontre dans les grains de céréales sont les glutélines, les prolamines, les globulines et les albumines. Il y a prédominance de glutélines et de s prolamines dans l'endosperme, ainsi que des globulines et des albumines dans les couches externes (ROONEY, CLARK, HUBBARD). Etant donné que 75 à 80 % des protéines sont localisées dans l'amande du grain, la proportion des glutélines et des prolamines est, par voie de conséquence, plus importante que celle des globulines et des albumines. Si, d'autre part, on considère l'équilibre en acides aminés de ces protéines, il résulte que les globulines sont riches en arginine, que les albumines renferment un fort taux de méthionine et de tryptophane, mais que les glutélines et les prolamines sont extrêmement pauvres en lysine et en thréonine. Ceci explique la corrélation négative observée entre la teneur en lysine et la quantité globale de protéines dans les grains de céréales (VAVICH). Ainsi, chez la plupart des céréales, les grains à taux protidique élevé présentent un intérêt protidique moins grand que ceux contenant peu de protéines par suite d'une déficience plus importante en lysine qui constitue le facteur limitant.

Les éléments minéraux et collulosiques, ainsi que les polyphénols sont concentrés dans les couches externes au grain et plus précisément dans le péricarpe (HINTON, 1953 ; BLAKELY, MILLER, ROSENOW, 1980). SCHLESINGER note d'ailleurs une corrélation positive de 0,8838 entre la teneur en cendres et la teneur en éléments cellulosiques (SCHLESINGER, 1942).

Etant donné que les céréales ne sont qu'exceptionnellement consommées à l'état brut, mais presque toujours après avoir subi de nombreuses transformations d'ordre mécanique (décorticage, mouture, blutage) et d'ordre physicochimique (fermentation, cuisson, etc.), leur valeur alimentaire dépendra de l'ampleur de ces transformations. Un taux de décorticage élevé (supérieur à 22 %) élimine virtuellement toute la couche d'aleurone et appauvrit considérablement la farine en éléments minéraux, en vitamines et en protéines de bonne qualité, éléments qui se retrouvent dans le son, tandis qu'un taux d'extraction de farine supérieur à 85 % englobe la quasi totalité de la couche d'aleurone et retient entre 95 et 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 varie inversement avec la proportion de son enlevé ; cette corrélation négative est particulièrement prononcée quand il s'agit de sorgho et mil. Les phénols et leurs produits d'oxydation réagissent en effet avec les protéines suivant trois modalités :

a) liaisons hydrogènes entre les groupes DH des tannins et les groupes MH, SH et OH des protéines.

b) liaisons ioniques entre les groupes anioniques des tannins et les groupes cationiques des protéines.

c) et liaisons covalentes entre les quinones et les divers groupes réactifs des protéines (HULSE, LAING, PEARSON, 1980) .

Ainsi, les polyphénols réduisent non seulement les protéines et leur digestibilité, mais elles inhibent l'activité des différents systèmes enzymatiques dont les amylases, les lipases et les protéases . Les tannins peuvent aussi rendre inutilisable le fer (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 le testa, s' il existe, on obtiendrait ainsi un produit de haute valeur nutritive où tous les éléments pour les besoins d'entretien des adultes sont conservés. Mais un tel produit est très peu accepté par les populations qui préfèrent une farine composée presque exclusivement de l'endosperme du grain.

Le mode de transformation influe aussi sur la valeur alimentaire du produit fini. Ainsi, la transformation par voie humide, très répandue dans les pays en développement, tend à réduire non seulement la quantité totale des protéines, mais leur valeur biologique à cause de la solubilisation des fractions protéiques les plus riches en lysine, c'est-a-dire les albumines et les globulines solubles respectivement dans l'eau et dans les solutions salines neutres.

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 polipeptidiques et à la dissolution des liens hydrogènes en certains points de la macromolécule. Ceci est particulièrement accentué dans la mouture mécanique à sec où la température s'élève rapidement quand la vitesse des marteaux augmente. Nous avons ainsi pu observer une tendance à diminution des protéines en passant de 3.000 à 3.600 tours/mn. Cette diminution du taux des protéines étant accentuée avec l'utilisation des tamis à mailles très fines (MBEN-GUE, H.M., 1983).

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

CONCLUSION

Les travaux d'amélioration du système de décortiquage 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 commercialisation des produits finis préconisé à Bambey donne satisfaction au niveau des centres urbains où l'on a l'habitude d'acheter ces produits au marché. Pour transférer ces résultats au niveau du monde rural, il faut modifier le décortiqueur actuel (PRL) qui ne s'adapte point aux petites quantités transformées régulièrement par la femme rurale. A cet effet, le CRDI a accepté de financer un projet conjoint ISRA-SISMAR pour l'étude et l'installation de mini-décortiqueur en milieu rural. Ceci permettra d'éliminer rapidement la séquence traditionnelle qui est anachronique et signe d'une condition faminine 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, 1980). Il n'y a 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 au Sénégal.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

- ADRIAN J., SAYERSE C., 1957. - Composition des mils et sorghos du Sénégal. Br. J. Nutr. 11, 99-105.
- BASSE M.T., 1980. -- Méthodes traditionnelles de transformation du sorgho, du mil, du riz, du maïs et du niébé dans les Etats du Sahel. In "Amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'Ouest", pp. 163-169. Actes du séminaire organisé par l'ACCT, le GASCA et l'Institut du Sahel à Bamako, 16-28 avril 1979. A.C.C.T., Paris.
- BIDEAU J. - Action de la fumure azotée sur la valeur nutritionnelle du mil.
- DIOP A., 1980. - Essais d'ajustement du moulin JACOBSON et paramètres de base pour le décortiquage. ISRA-CNRA/BAMBEY.
- EASTMAN P., 1982. - L'adieu au pilon. Un nouveau système de mouture mécanique en Afrique. IDRC - 152 f.
- 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.M., EARLE F .R., 19.50. - Composition of the component parts of the sorghum kernel. *Cereal Chem.*, 27, 41 S-420.
- HULSE J.H., 1980. - Polyphenols in cereals and Legumes. Proceedings of a symposium hold during the 36th annual meeting of the Institute of Food Technolocjists, St-Louis, MISSOURI. 10-13 june 1979. IDRC - 145e.
- HULSE J .H., LAING E.M., 1974. - Nutritive value of tritical protein. IDRC = 021 e.
- HULSE J .P., LAING E.M., PEARSON D. E., 1980. - Sorghum and the millets : their composition and nutritive value. Academic press. London, New-York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- LUCA Y. de, 1980. - Les aléas post-cultureux , In "La conservation des denrées alimentaires cultivées en climat chaud et humide". pp. 29-44. Actes du Premier Colloque International de Technologie , Yaounde, 5-10 novembre 1979. AUPELF-MONTREAL , PARIS, DAKAR.
- MBENGUE H. P., 1982. - Décorticage et mouture mécanique à sec de variétés de sorgho améliorées. ISRA-CNRA/BAMBEY.
- MICHE J.C., 1980. - Utilisation potentielle du sorgho dans un système industriel intégré de mouture et de pastification. In "L 'amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'Ouest". pp. 171-192. ACCT, Paris.
- ROONEY L.W., CLARK L.E., 1968. - The chemistry and processing of sorghum grain cereal. *Sci today* 13, 259-261, 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.
- SAMSON M. F., 1970. - Mil pennisetum : nouveaux aspects de sa valeur nutritionnelle. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Faculté des Sciences de l'Université de Paris.
- SCHLESINGER J.S., 1942. - Corrélations between crude fibre and ash of wheat shorts. *Cereal Chem.* 19, 838-839.
- 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., NIMBRKAR B., STITH L.S., 1959. Nutritive value of low and high protein sorghum grains for growing chickens. *Poult. Sci.*, 38, 36-40.