

1982/1116

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE-

SECRETARIAT D'ETAT A LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

INSTITUT SENEGALAIS
DE RECHERCHES AGRICOLES

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES
AGRONOMIQUES
BAMBEY



BIBLIOTHEQUE
BAMBEY

Collection : **ÉTUDES TECHNIQUES** DU C.N.R.A.

CN0100872
J-112
MBE

(NDK/HNB)

DOCUMENT N. 82/116

DECEMBRE 1982

*DECORTICAGE ET MOUTURE MECANIQUES A SEC
LES CEREALES ET DU SOJA AU SENEGAL
ETUDE TECHNIQUE ET SOCIO-ECONOMIQUE DU SYSTEME
DANS LE MILIEU*

PAR

HYACINTHE MODDU MBENGUE

INGENIEUR DE RECHERCHES A L'ISRA - CNRA/BAMBEY

1 • INTRODUCTION : QUELQUES CONSIDERATIONS PRELIMINAIRES SUR LA TRANSFORMATION DES CEREALES

La graine de céréale est généralement constituée comme suit :

- un péricarpe qui renferme presque toute la cellulose, est riche en sels minéraux et comprend des protéines de bonne qualité ;
- un endosperme qui, dans sa couche d'aleurone externe contient des protéines et des vitamines B et, dans sa partie interne au albumen farineux, renferme un pourcentage élevé d'amidon mais est pauvre en vitamines et dont les protéines sont de qualité inférieure à celle du péricarpe ;
- un embryon riche en protéines, en vitamines mais surtout en matières grasses.

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 parties externes du grain, de sorte que les teneurs dans les farines et les semoules sont bien inférieures à celles généralement indiquées dans les tableaux. Le taux de protéines peut varier dans des limites assez larges (il dépend des conditions de culture et des variétés), ainsi que la proportion relative des différents acides aminés. Pour les sorghos, ce taux varie de 7 à 18%. Selon HINTON (1953), la proportion des protéines diminue progressivement de la couche d'aleurone vers les couches internes (endosperme) et externes (péricarpe). De ce qui précède, il est évident que le contenu protéique et la composition des céréales après transformation seront influencés par la composition initiale du grain et par les différentes portions présentes dans le produit final, c'est-à-dire essentiellement par les procédés de transformation du grain qui devront tenir compte de ses caractéristiques structuralo-mécaniques : un fort taux de décorticage (supérieur à 22%) éliminerait virtuellement toute la couche d'aleurone et appauvrirait considérablement la farine en protéines et vitamines, fractions qui se trouveraient ainsi dans le son, tandis qu'un taux d'extraction de farine supérieur à 85% engloberait la quasi totalité de la couche d'aleurone et retiendrait entre 95 et 100 % des protéines initialement présentes dans le grain (HULSE, LAING, 1974).

Du point de vue nutritionnel, le facteur limitant chez les céréales est la lysine. (Il faut ajouter que chez les variétés de sorgho pauvres en protéines, c'est la méthionine qui en limite la qualité protéique lorsqu'elles sont utilisées pour nourrir les adultes). En dehors de ce facteur d'ordre essentiellement génétique, la valeur biologique des protéines des céréales peut-être très affectée par ce qui advient après le récolte, en particulier les conditions de séchage, stockage et le processus de transformation qui comprend généralement le décorticage et la mouture. La présence et le développement des moisissures ont sur le grain de nombreux effets par lesquels l'altération plus au moins prononcée de l'aspect du grain, la modification des qualités technologiques et alimentaires et la présence possible de mycotoxines produites par *Fusarium* et *Aspergillus flavus*. D'autre part, une infestation du grain peut porter non seulement à une grande perte quantitative mais aussi et surtout à une perte nutritionnelle sélective dans la mesure où beaucoup d'insectes attaquent de préférence les parties du grain riches en protéines. Quand on procède à la transformation de ces grains attaqués, on se rend compte que le rendement en farine est bien inférieur à celui d'une égale quantité de grains exempts de toute attaque. Des produits finis attaqués ou non conformes au goût des consommateurs constituent une perte sur toute la ligne car ils ne seront pas écoulés sur le marché qui demeure le

principal juge de toute actions dans une économie de marché, Ceci montre à quel point les composantes du système post-récolte sont interdépendantes et pourquoi l'amélioration du système repose davantage sur les relations entre les éléments que sur les éléments eux-mêmes ; en d'autres termes, l'étude de chaque élément doit continuellement se référer à l'objectif final qui est la maximisation des bénéfices et la minimisation des pertes. Il faut également envisager ce système dans un ensemble plus grand, comme élément du système de production. C'est dans cette optique que nous étudions la transformation des céréales au Sénégal.

La réduction des céréales en farine est probablement le plus ancien *processus* industriel de transformation alimentaire. Les hommes primitifs écrasaient les grains de céréales entre deux pierres jusqu'à l'apparition de la meule dormante bien plus efficace, vers 4000 avant notre ère. Certaines techniques modernes de mouture telle la mouture type "blé tendre", s'inspirent de ce principe qui consiste à écraser les graines entre deux meules, à en extraire l'endosperme blanc qui est ensuite moulu et tamisé pour donner une poudre blanche connu sous le nom de "farine" et que l'on décrivait comme étant la "fleur de la graine, c'est-à-dire la partie la plus fine (HULSE, LAING, 1974).

Au jourd'hui au Sénégal, à côté des méthodes traditionnelles de transformation des céréales, on trouve des techniques modernes qui sont davantage répandues en milieu urbain, bien que les moulins soient de jour en jour répandus dans les campagnes, ce qui ne veut pas dire qu'ils soient toujours adaptés aux besoins des populations quant à la qualité du produit final. Les techniques traditionnelles de transformation des mils, sorghos et maïs sont la mouture par meule dormante et la mouture au mortier de bois. Dans le premier cas, l'écrasement des grains se fait entre deux pierres plus ou moins cylindriques dont celle de dessous présente une légère concavité pour la réception des grains, Celle de dessus est plus petite et est maintenue à deux mains lors de la mouture. Le produit final contient la farine et le son. Cette technique est de moins en moins usitée. Quant à la mouture au mortier de bois, elle est plus généralisée et plus performante. La transformation se fait en deux temps. 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 transformation, le son est séparé par vannage, brassage et lavage. On laisse ressuyer et les grains décortiqués sont remis dans le mortier pour la deuxième transformation en farine et semoule (sanxal). Du côté nutritionnel, les produits obtenus maintiennent leur valeur car tous les éléments nutritifs pour les besoins d'entretien des adultes sont conservés. (M-T. BASSE, 1979). Cependant, c'est un procédé très fatigant et il demande beaucoup de temps à la femme, ce qui ne lui permet aucunement de s'adonner à d'autres activités, qu'elles soient culturelles ou économiques. D'autre part, par voie de la transformation humide, la farine, la semoule ou le couscous ne se conservent pas, à moins qu'ils ne soient séchés, car il y a oxydation des acides gras dont l'embryon est très riche ; cette oxydation est favorisée par l'humidité et la chaleur.

Pour ce qui est des techniques modernes, c'est plutôt au niveau artisanal avec décortiqueurs et moulins mécaniques à meules de pierre ou de métal ou à marteaux. Les moulins sont les plus répandus, surtout les moulins à marteaux ; dans ce cas, les grains sont prédécortiqués au mortier et la mouture se fait par conséquent en humide avec les inconvénients que nous avons relevés pour la transformation manuelle. C'est un travail réalisé à façon dans les villes et les villages et il tend à se généraliser car la méthode traditionnelle est très contraignante. Le décortiquage se fait par abrasion, principe qui consiste à user progressivement le grain de l'extérieur vers l'intérieur afin d'éliminer le péricarpe et le testa s'il existe, tout en maintenant la couche d'aleurone et l'endosperme amylicé. Ce procédé est d'autant plus efficace que le péricarpe est friable et...

rendement dans la mesure où ils sont usés plus rapidement que les grains vitreux. D'autre part, il s'avère indispensable que les grains soient classés en fonction de leur grosseur, ceci pour une meilleure efficacité. Les grains ainsi décortiqués sont généralement passés au moulin à marteaux où la mouture se fait à partir des actions d'impact entre les marteaux, les grains et les parois internes de la chambre de mouture. Il semble que la farine obtenue par ce procédé soit plus stable en stockage, probablement parce que la plupart des microorganismes présents sur les enveloppes des grains ont été éliminés avec le son lors du décorticage mécanique. En plus de sa simplicité et de son adaptation aux céréales locales, cette technique présente un rendement nettement supérieur à ceux des méthodes traditionnelles. Seulement, les produits finis ne sont pas assez purs pour servir à des fins industrielles comme la fabrication de pâtes ou de pain. Pour ce dernier cas, il faudra envisager d'autres techniques comme la mouture type blé dur. Le problème majeur lié à l'utilisation des décortiqueurs et des moulins est que, malgré leur large diffusion parce qu'ils répondent à un besoin réel des milieux tant urbain que rural, leur fonctionnement et leur adaptation aux conditions locales font défaut. Parce qu'aucune étude sérieuse n'avait jamais été effectuée avant leur introduction à grande échelle. Toutes ces machines sont importées, ont été conçues pour d'autres types de céréales et très probablement pour des utilisateurs ayant une plus grande technicité. Il suffit de faire le tour des campagnes sénégalaises pour s'en convaincre : des machines fonctionnant très mal, avec des rendements extrêmement bas et des produits finis qui laissent à désirer parce que les utilisateurs ne sont pas initiés correctement à leur maniment, connaissent peu les réglages et ignorent jusqu'aux notions les plus élémentaires en matière d'entretien. De surcroît, le service après-vente est très souvent inexistant, même au niveau départemental quelquefois, les représentants et les succursales se trouvant à Dakar ou dans les capitales régionales. Il y a un découple des frais de gestion anormalement élevés qui grèvent lourdement les prix de revient des prestations et donc les prix de cession des produits finis.

Les recherches doivent être appliquées et adaptées à leur environnement climatique, économique, technique et humain, la recherche en technologie au Sénégal doit orienter ses travaux dans deux directions prioritaires en matière de valorisation des céréales locales, en particulier des mils, sorghos et maïs :

- 1- étudier l'aptitude à la transformation des grains en vue d'en définir à l'intention des sélectionneurs, des critères de qualité d'utilisation pour les variétés en cours de sélection ;
- 2- mettre au point des procédés de transformation tenant compte aussi bien des conditions particulières de milieu dans lesquelles ces transformations devront être réalisées que des conditions de commercialisation et d'acceptation des produits finis par les consommateurs.

Pour ce qui est du premier point, on peut d'ores et déjà affirmer, à partir des travaux faits dans ce domaine, que les caractéristiques technologiques permettant de définir une bonne aptitude à la transformation sont :

- un péricarpe incolore, translucide et souple
- un album volumineux
- un germe moins adhérent
- une vitrosité réduite

La présence d'une couche brune diminue non seulement le rendement en produit fini car il faut en enlever le plus possible lors du décorticage, mais fait que celui-ci est peu accepté par les populations à cause justement de sa couleur.

Le second point fait l'objet de ce rapport et nous renvoyons donc aux pages qui suivent. Nous nous sommes appliqués à adapter le plus possible le matériel disponible à la matière première existante pour satisfaire les besoins réels des populations et "valoriser industriellement les céréales locales en vue de fabriquer des produits alimentaires pouvant se substituer au blé d'importation". Car, comme le souligne J.C. NICHE, "la nécessité d'enrayer, dans plusieurs pays d'Afrique occidentale, les hémmorragies de devises dues à l'importation massive de produits alimentaires, notamment de blé et de ses dérivés, et la nécessité de développer et d'organiser l'ensemble des structures concourant à l'accroissement des revenus du monde rural, facteur de stabilité essentiel dans des pays à vocation agricole, constitue la préoccupation majeure de nombreux plans de développement des Etats africains. Dans ce sens, la création de systèmes agro-industriels intégrés pourrait jouer un rôle moteur fondamental dans la transformation progressive d'une économie d'autosuffisance vers une économie de marché orientée prioritairement vers la satisfaction des besoins croissants des populations urbaines et vers la sécurité des approvisionnements céréaliers au niveau national". En fait, la réussite d'un projet de décorticage-mouture permettrait d'assainir le marché des céréales locales par la suppression des intermédiaires clandestins qui sont de vrais fléaux pour les paysans et pour les populations urbaines du fait de la spéculation : le marché serait plus régulier et chaque catégorie d'agents économiques y trouverait son compte. L'existence d'unités de décorticage-mouture fonctionnelles ne peut pas en soi enrayer la spéculation : il est nécessaire que les pouvoirs publics agissent énergiquement en prenant les mesures appropriées telles l'ouverture de la campagne de commercialisation officielle dès le début des récoltes, la multiplication des points de vente, l'élévation des prix aux producteurs, des contrôles fréquents et une lutte sans merci contre la rétention des stocks au niveau des villes surtout. Ainsi, le projet se propose de substituer au système actuel du travail à façon qui oblige le consommateur à faire plusieurs transactions 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 sur son dos et sur celui des producteurs de base. Enfin, ce projet permettra de libérer la femme sénégalaise du pilage quotidien, de prolonger la durée de conservation de farines pourtant fermentisables, de créer le relais nécessaire entre le niveau familial et celui industriel.

II • OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET PILOTE DE DECORTICAGE-MOUTURE

L'augmentation des rendements par les méthodes culturales nouvelles et l'introduction de nouvelles 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. Les tentatives faites dans le passé de transférer les techniques post-récolte de battage, séchage, stockage, transformation et conservation, d'un endroit à un autre très différent quant au climat, aux ressources économiques techniques et humaines, ont donné des résultats très décevants avec un gaspillage d'efforts économiques et humains importants. Actuellement au Sénégal, plusieurs types de machines destinées à la transformation des céréales sont commercialisées un peu partout, sans que des tests de fiabilité technique et d'adaptation aux conditions locales aient été effectués par les services compétents, donc sans que l'on connaisse leurs conditions optimales d'utilisation.

Il s'agit donc dans ce projet financé avec le concours du CRDI et dont la réalisation est confiée à l'ISRA/CNRA/RAMREV de

- 1e) établir les conditions optimales d'utilisation d'une unité de décortiqueuse-mouture permettant d'obtenir un produit comparable à celui que donnent les méthodes traditionnelles de transformation des céréales et légumineuses, donc conforme au goût des populations sénégalaises ;
- 2e) déterminer les propriétés physico-chimiques du grain décortiqué et de la farine ;
- 3e) étudier la stabilité de la farine ;
- 4e) 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 conservation de ces produits et de leur acceptabilité par les populations.
- 5e) Analyser les résultats du point de vue technique économique et social.

III - MATERIEL DISPONIBLE

pour l'exécution d'un tel programme, nous disposons :

- d'un moteur diesel lent de 16 HP à refroidissement par eau, marque LISTER
- d'une décortiqueuse HILL THRESHER SUPPLY avec système d'aspiration du son
- d'un moulin 3 marteaux JACOBSON avec jeu de tamis
- d'un tamiseur mécanique pour le "riz de maïs"
- d'un débit-mètre pour le carburant
- d'un tachimètre
- d'un RC-TAP pour l'analyse granulométrique
- de chronomètres

Il est également prévu une construction 3 Bambey pour abriter le matériel et servir de local de vente des produits finis, ainsi qu'une machine à sceller les sacs plastiques, une bascule et une balance.

IV - METHODOLOGIE ET RESULTATS

4.1 - Décorticage

Les conditions optimales du décorticage du mil, sorgho et maïs ayant été déterminées expérimentalement par nos prédécesseurs, nos essais ont porté sur le décorticage mécanique du soja afin de tester le matériel en notre possession et voir ses possibilités réelles.

La qualité du décorticage dépend de plusieurs facteurs : humidité du grain, ouverture de l'admission des groins, vitesse de rotation des meules et de la poulie d'entraînement de l'aspiration du son, aération et temps de séjour. Différentes vitesses de rotation (600, 700, 900 et 1200 tours/mn) avec plusieurs ventilations, des niveaux de batch allant de 15 à 50 kg et des temps de séjour de 2 à 7 minutes ont été testés dans un premier temps afin de nous fixer les idées sur les divers réglages. Finalement, nous avons retenus trois vitesses (700, 300, et 1100 tr/mn), un batch de 35 kilogrammes, deux temps de séjour (3 et 5 mn) et une ventilation maximale. Nous avons surtout été limités par la quantité de soja disponible ce qui fait que cet essai est très incomplet et demande donc à être poursuivi ultérieurement afin que soient connus tous les paramètres de base pour le décorticage mécanique du soja.

Le tableau suivant donne les résultats du décorticage de 25 kg de graines à ventilation maximale pour les 3 vitesses de rotation et les 2 temps de séjour (pour 900 tr/mn seulement).

| N° tamis | | V=700 tr mn | V=900 tr mn | V=900 tr/mn | V=1100 tr/mn |
|----------|------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | t= 3 mn | t= 3 mn | t= 5 mn | t= 3 mn |
| 4 | 4,76 | 19,24 % | 6,84 % | 1,71 % | 2,37 % |
| 8 | 2,36 | 79,74 % | 87,72 % | 32,29 % | 91,42 % |
| 14 | 1,40 | 0,32 % | 2,56 % | 6,18 % | 2,89 % |
| 16 | 1,18 | 0,02 % | 0,75 % | 2,22 % | 1,00 % |
| 25 | 0,71 | 0,18 % | 1,30 % | 4,83 % | 1,70 % |
| 35 | 0,50 | 0,00 % | 0,30 | 0,84 % | 0,31 % |
| PAN | 0,30 | 0,00 % | 0,53 | 1,93 % | 0,31 |

Les refus du tamis n°4 représentent les graines décortiquées entières et ceux du tamis n°8 sont les graines dont les deux parties ont été séparées durant le décorticage mais non brisées. Les refus des autres tamis sont des graines brisées à divers degrés.

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 que ce pourcentage est 5,44 % à V=900 tr/mn et 6,21 % à V=1100 tr/mn. En augmentant la durée de séjour des graines dans la chambre de décorticage, le taux de brisures s'élève rapidement : de 3 à 5 mn, il passe de 5,44 à 16 % à 900 tr/mn. Un temps de séjour inférieur à 3 minutes est insuffisant car le décorticage n'est que partiel.

De ces premiers essais, il résulte que les vitesses 900 et 1100 tr/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, et l'on obtient beaucoup de farine dans le son. Il serait intéressant dans les prochains essais de comparer les vitesses 650 et 700 tours/minutes et d'autres niveaux de batch (20 et 30 kg) afin de mieux dégager les paramètres de base pour le décorticage mécanique du soja. Dans tous les cas, les graines doivent être bien saines, sèches et propres au moment du décorticage.

4.2- 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 à l'intérieur de 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, et des propriétés structuralo-mécaniques des grains.

Le dispositif utilisé est une analyse factorielle à 3 facteurs qui sont: la vitesse de rotation des marteaux, le débit d'admission des grains et la grosseur des mailles du tamis, les autres facteurs étant considérés constants d'un traitement à l'autre. Il a été possible de faire varier le débit en agissant sur la hauteur de l'ouverture d'admission des grains, ouverture réglable à l'aide d'une manette située au-dessous de la trémie du moulin.

On a testé 3 niveaux pour la vitesse (3000, 3300 et 3600 tr/mn) 3 niveaux pour la hauteur d'admission (7, 12, 18 mm pour le mil, 12, 18, 25 mm pour le maïs) et 4 niveaux pour la grosseur des mailles du tamis (0,5 - 0,7 - 1,0 - 1,5 mm), ce qui donne $3 \times 3 \times 4 = 36$ traitements pour le mil soudanais, et autant pour le maïs. Chaque traitement a comporté 3 répétitions et la succession des traitements s'est faite de façon complètement aléatoire. La quantité de graine transformée par traitement a été de 4 kilogrammes. Pour chaque traitement, le rendement horaire, le diamètre géométrique moyen final et la consommation spécifique de carburant ont été déterminés. Il était prévu aussi une analyse chimique des échantillons pour chaque traitement mais nous n'avons reçu de l'ITA que 20 échantillons qui représentent 16 traitements. Nous reproduirons néanmoins ces résultats de l'analyse chimique.

Les tableaux et graphes qui suivent donnent donc les résultats de la mouture mécanique à sec du mil soudanais et du maïs BDS. Les résultats de l'analyse chimique ne concernent que le mil soudanais et n'ont pas été interprétés pour les raisons ci-dessus évoquées.

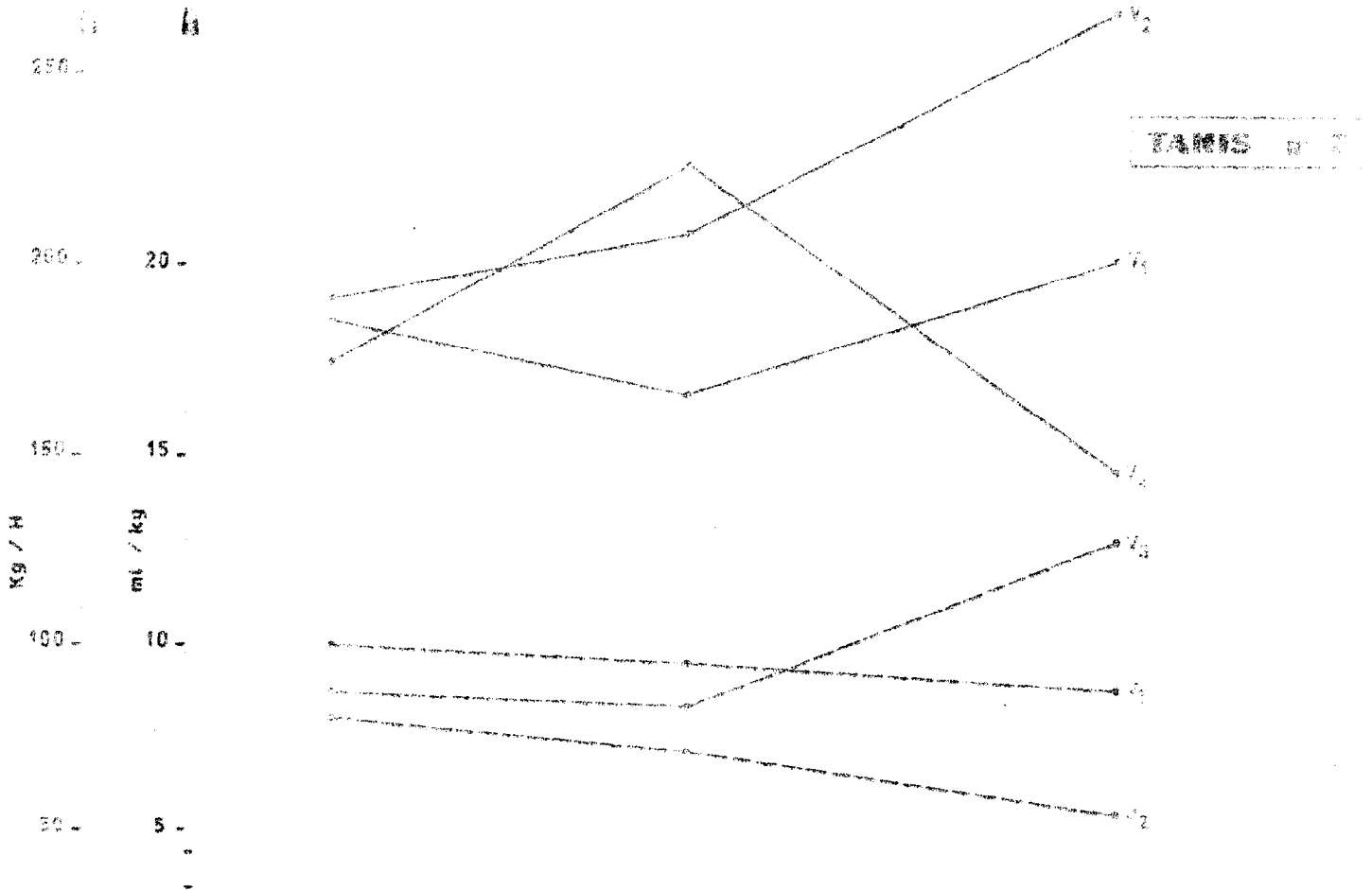
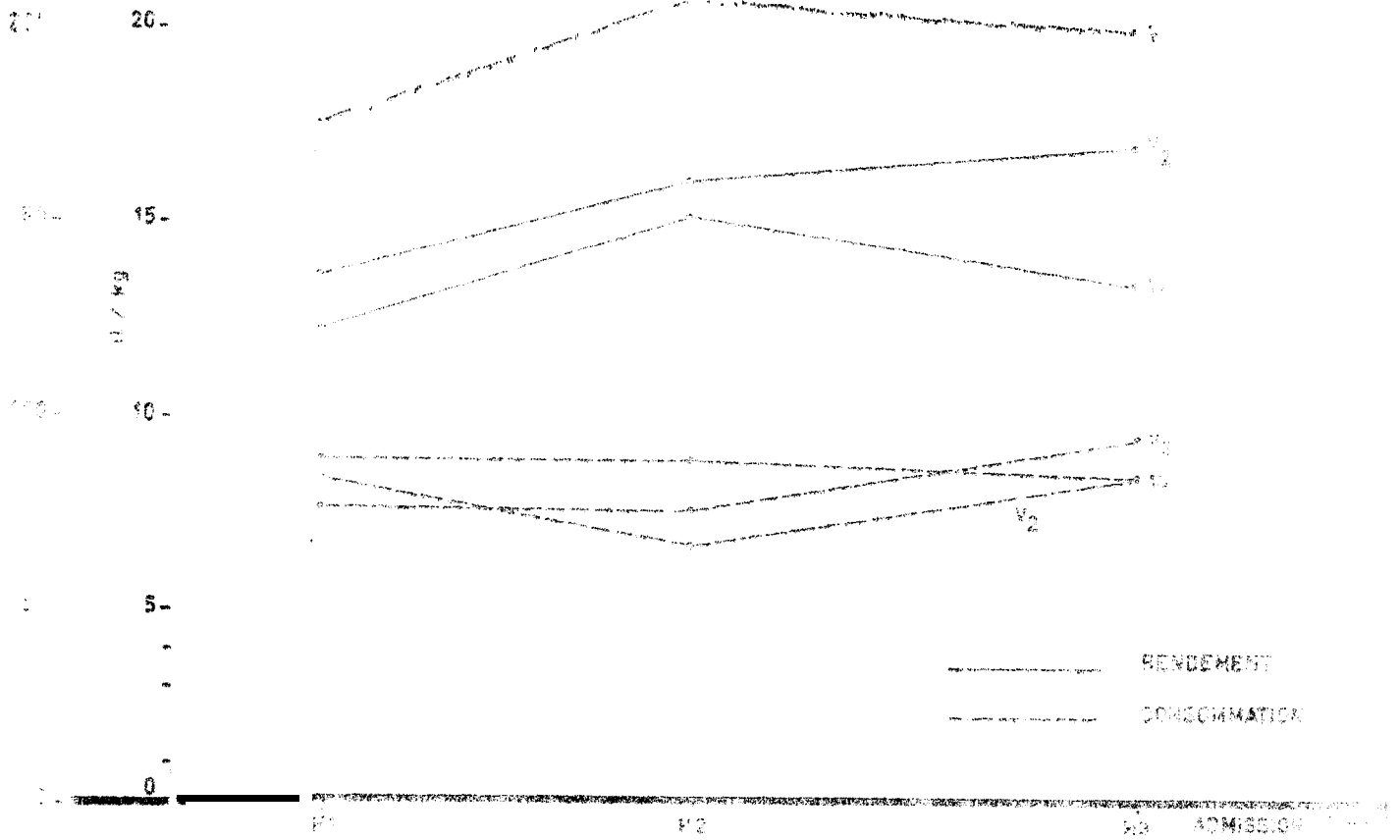
MOULINURE MECANIQUE A SEC DU MIL SOUNA
(MOYENNE DE 3 REPETITIONS)

| Vitesse (tr/mn) | Ouverture du tamis (mm) | Hautour d'admission (mm) | Diamètre géométrique moyen final (mm) | Rendement (kg/h) | Consommation spécifique (ml/Kg) |
|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|---------------------|---------------------------------------|
| 3000 | 0,5 | 7 | 0,15 | 122,35 | 8,75 |
| | | 12 | 0,14 | 150,17 | 8,75 |
| | | 18 | 0,16 | 133,07 | 8,33 |
| | 0,7 | 7 | 0,19 | 104,76 | 10,05 |
| | | 12 | 0,19 | 166,35 | 9,67 |
| | | 18 | 0,19 | 201,49 | 8,37 |
| | 1,0 | 7 | 0,21 | 243,39 | 5,46 |
| | | 12 | 0,21 | 243,42 | 5,87 |
| | | 18 | 0,23 | 280,31 | 5,01 |
| | 1,5 | 7 | 0,22 | 267,81 | 5,87 |
| | | 12 | 0,26 | 362,73 | 1,8 |
| | | 18 | 0,26 | 443,87 | 2,92 |
| 3300 | 0,5 | 12 | 0,15 | 133,5 | 8,33 |
| | | 18 | 0,15 | 163,86 | 6,66 |
| | | 18 | 0,14 | 168,03 | 8,33 |
| | 0,7 | 12 | 0,19 | 290,88 | 7,21 |
| | | 18 | 0,18 | 266,37 | 5,48 |
| | | 1,0 | 7 | 0,18 | 255,3 |
| | 12 | | 0,21 | 300,41 | 4,19 |
| | 18 | | 0,22 | 247,15 | 5,48 |
| | 1,5 | 7 | 0,25 | 291,82 | 4,18 |
| | | 12 | 0,25 | 377,65 | 3,36 |
| | | 18 | 0,25 | 488,49 | 2,93 |
| | 3600 | 0,5 | 7 | 0,13 | 174,55 |
| 12 | | | 0,15 | 205,05 | 7,50 |
| 18 | | | 0,14 | 194,20 | 9,16 |
| 0,7 | | 7 | 0,17 | 173,72 | 8,81 |
| | | 18 | 0,17 | 145,48 | 8,38 |
| | | 18 | | | 12,78 |
| 1,0 | | 7 | 0,18 | 216,28 | 6,71 |
| | | 12 | 0,21 | 287,25 | 4,6 |
| | | 18 | 0,21 | 313 | 4,63 |
| 1,5 | | 7 | 0,21 | 368,13 | 4,63 |
| | | 12 | 0,24 | 368,24 | 3,76 |
| | | 18 | 0,26 | 413,09 | 3,78 |

MOUTURE MECANIQUE A SEC DU SOUMA

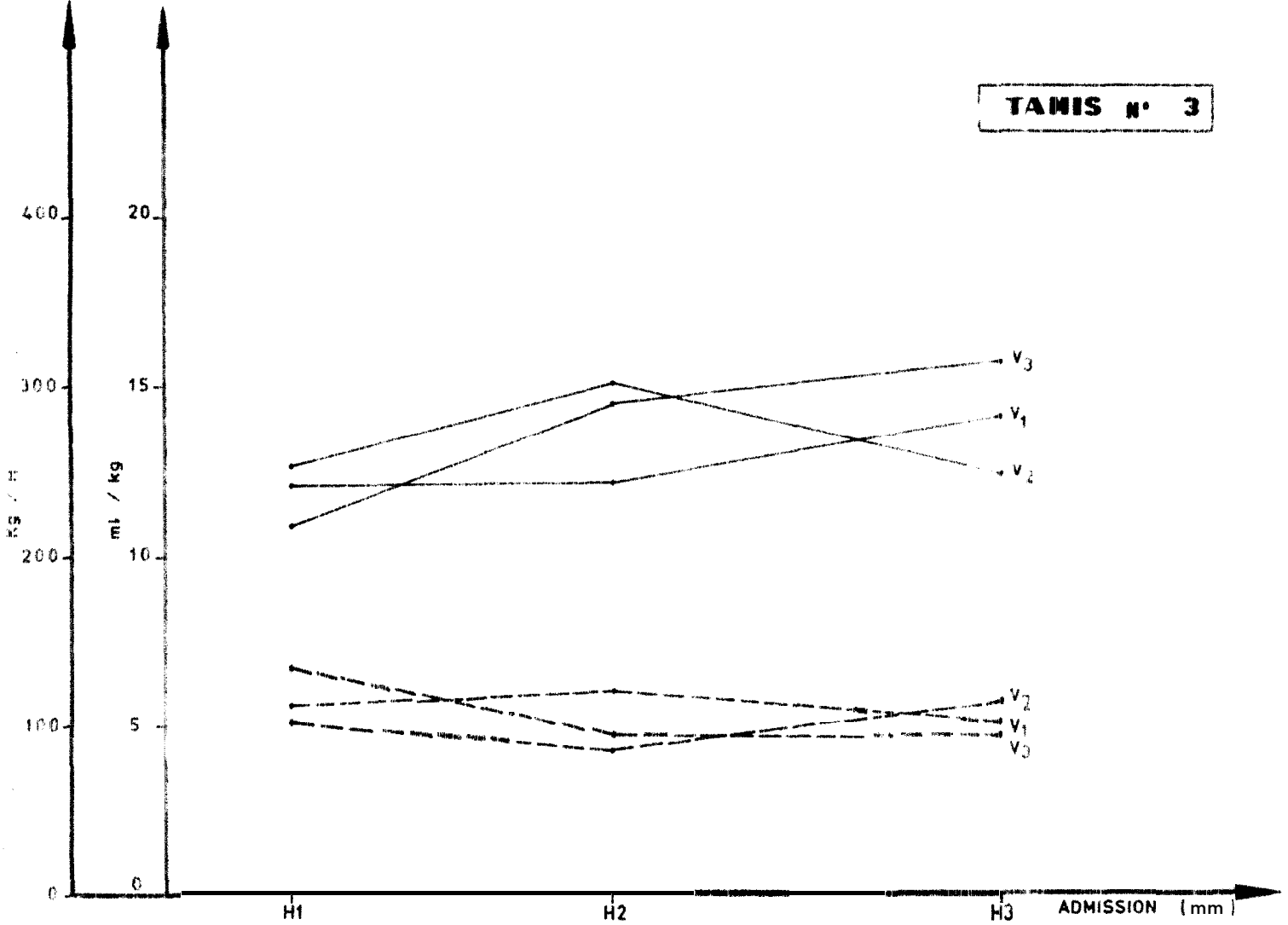
COURBES DES RENDEMENTS ET DES CONSOMMATIONS SPECIQUES EN FONCTION DU TEMPS DE LA VITESSE ET DE DENT D'ADMISSION

TAMIS 0.2

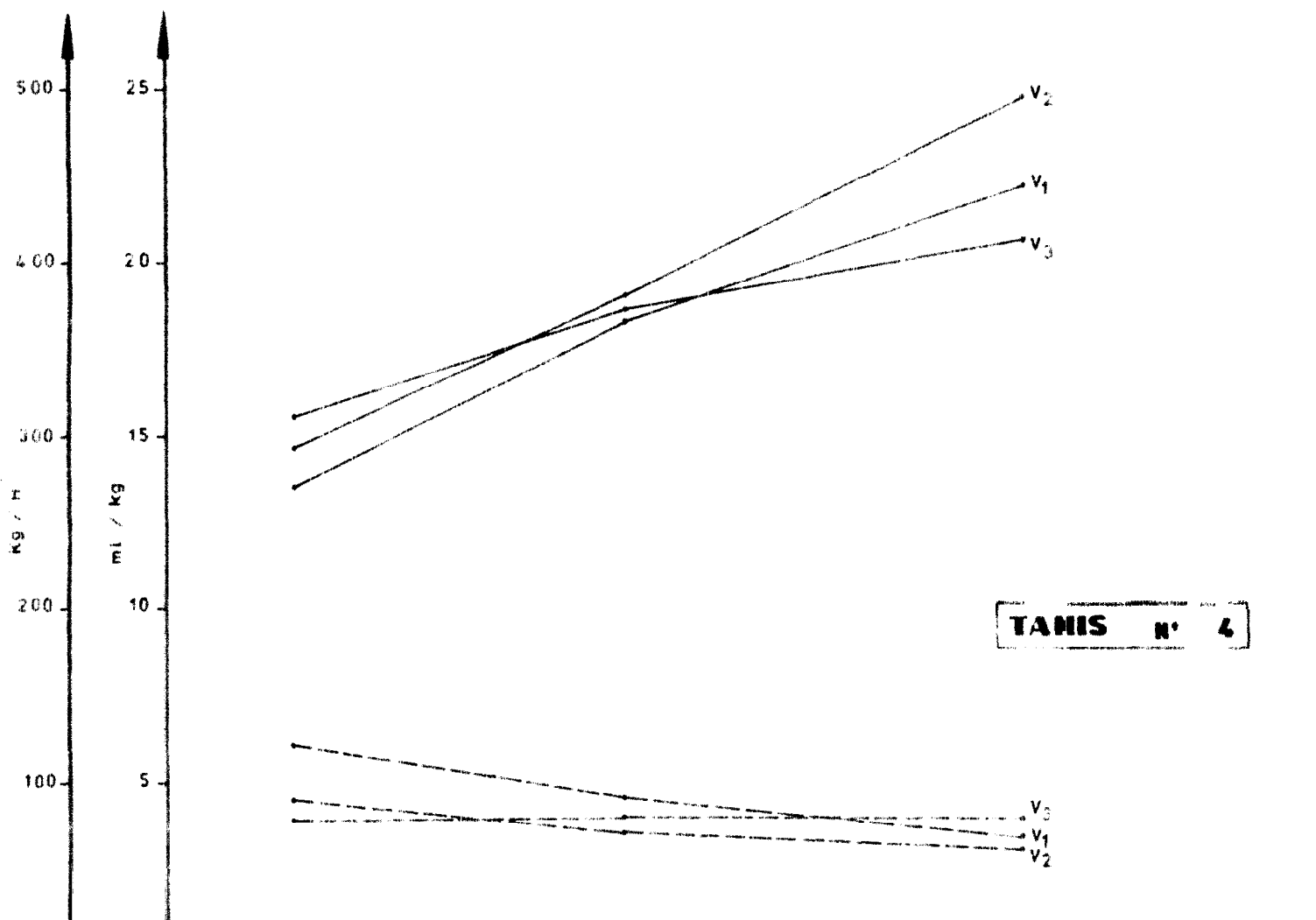


MOUTURE MECANIQUE A SEC DU SONNA

TANIS N° 3



TANIS N° 4



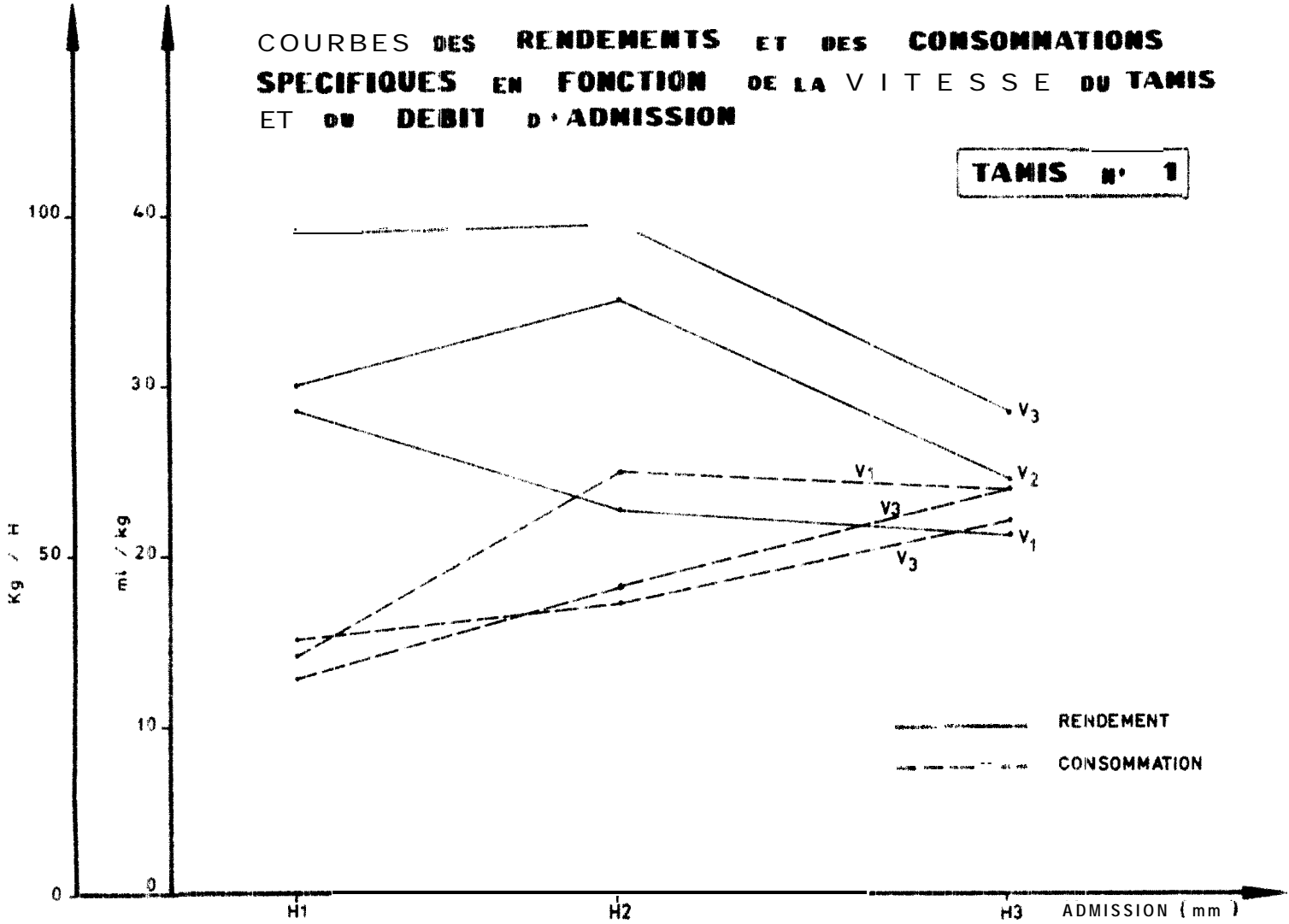
MOUTURE MECANIQUE A SEC DU MAIS
(Moyenne de 3 répétitions)

| Vitesse (tr/mn) | Ouverture du tamis (mm) | Hauteur d'admission (mm) | | Diamètre géométrique moyen final (mm) | Rendement (kg/h) | Consommation spécifique (ml/kg) |
|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--|---------------------|---------------------------------------|
| 3000 | 0,5 | 12 | | 0,17 | 71,39 | 14,58 |
| | | 18 | | 0,18 | 56,41 | 25 |
| | | 23 | | 0,19 | 53,38 | 24,17 |
| | 0,7 | 12 | | 0,20 | 58,07 | 19,72 |
| | | 18 | | 0,22 | 115,32 | 10,58 |
| | | 23 | | 0,22 | 129,22 | 10 |
| | 1,0 | 12 | | 0,22 | 77,29 | 16,74 |
| | | 18 | | 0,23 | 169,06 | 7,22 |
| | | 23 | | 0,22 | 209,20 | 5,88 |
| | 1,5 | 12 | | 0,23 | 69,93 | 19,09 |
| | | 18 | | 0,27 | 305,81 | 4,18 |
| | | 23 | | 0,27 | 389,15 | 3,80 |
| 3300 | 0,5 | 12 | | 0,17 | 75,66 | 15 |
| | | 19 | | 0,166 | 87,39 | 17,5 |
| | | 23 | | 0,17 | 60,49 | 22,92 |
| | 0,7 | 12 | | 0,18 | 92,11 | 12,18 |
| | | 18 | | 0,20 | 140,63 | 8,79 |
| | | 23 | | 0,20 | 168,19 | 8,04 |
| | 1,0 | 12 | | 0,22 | 53,02 | 20,10 |
| | | 18 | | 0,21 | 233,35 | 5,89 |
| | | 23 | | 0,21 | 204,15 | 6,33 |
| | 1,5 | 12 | | 0,20 | 109,77 | 10,04 |
| | | 18 | | 0,23 | 325,17 | 3,77 |
| | | 23 | | 0,23 | 374,06 | 3,77 |
| 3600 | 0,5 | 12 | | 0,16 | 97,38 | 13,33 |
| | | 18 | | 0,15 | 98,52 | 16,25 |
| | | 23 | | 0,16 | 71,16 | 24,17 |
| | 0,7 | 72 | | 0,16 | 66,01 | 15 |
| | | 18 | | 0,18 | 158,29 | 8,33 |
| | | 23 | | 0,18 | 159,44 | 10 |
| | 1,0 | 12 | | 0,18 | 114,44 | 10 |
| | | 18 | | 0,21 | 266,34 | 5 |
| | | 23 | | 0,20 | 319,26 | 5,12 |
| | 1,5 | 12 | | 0,21 | 180,13 | 7,95 |
| | | 18 | | 0,24 | 366,05 | 4,60 |
| | | 23 | | 0,23 | 379,44 | 4,60 |

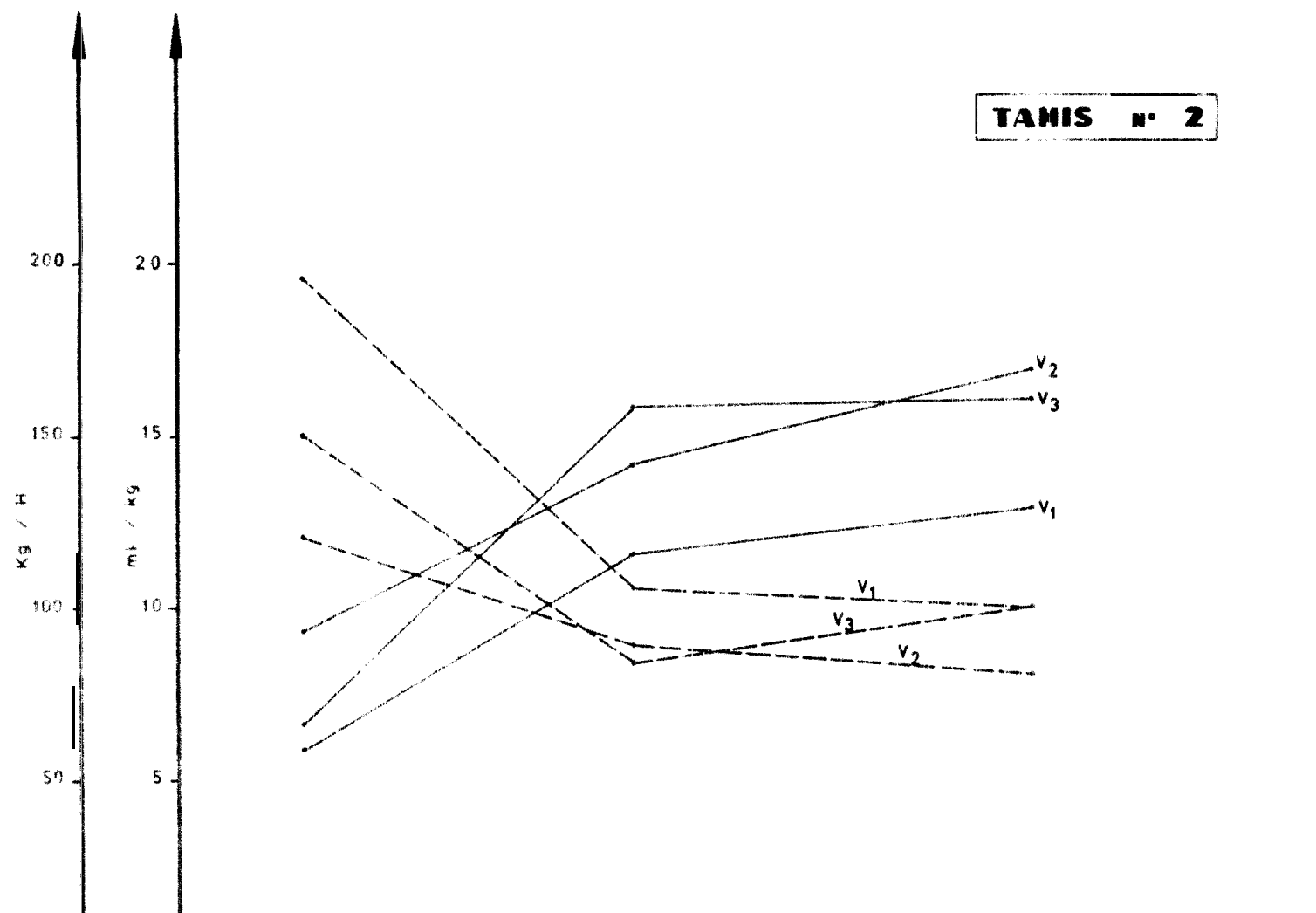
MOUTURE ME~CANIQUE A SE:C DU MAIS

COURBES DES RENDEMENTS ET DES CONSOMMATIONS SPECIFIQUES EN FONCTION DE LA VITESSE DU TAMIS ET DU DEBIT D'ADMISSION

TAMIS N° 1

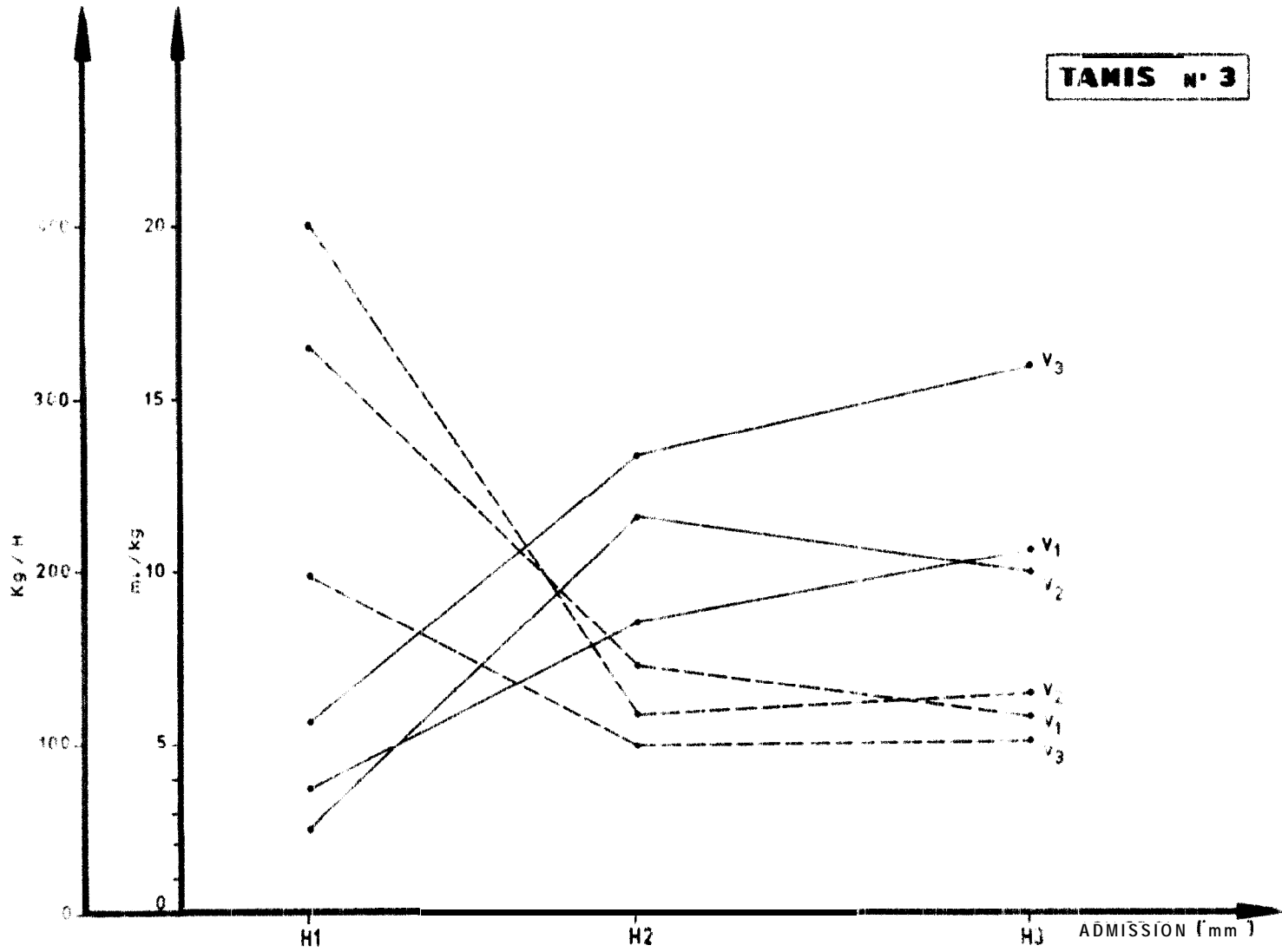


TAMIS N° 2

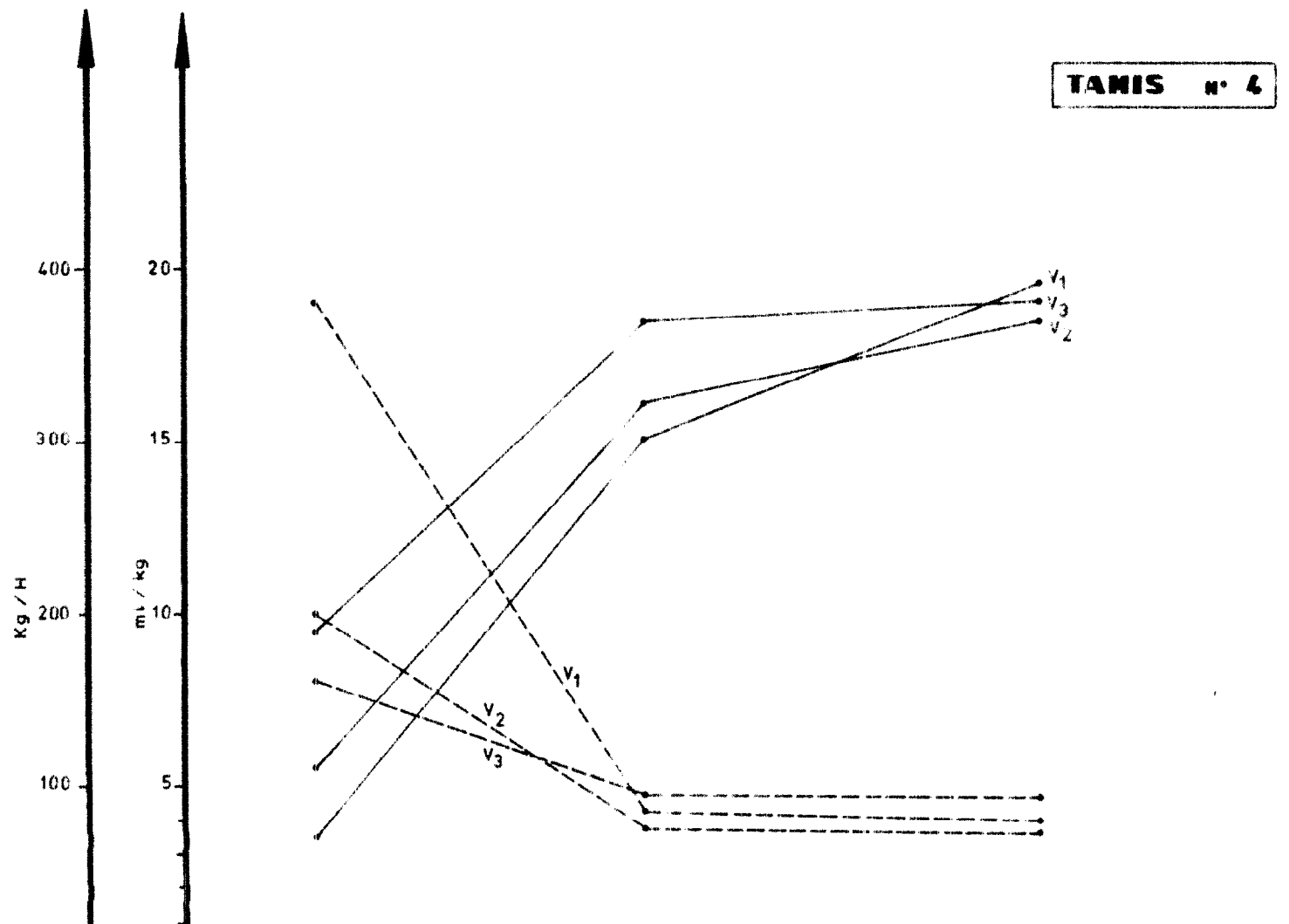


MOUTURE MECANIQUE A SEC DU MAIS

TAMIS N° 3



TAMIS N° 4



V = 3000 tr/mn

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| H ₁ | 0,15 | 0,19 | 0,21 | 0,22 |
| H ₂ | 0,14 | 0,19 | 0,21 | 0,26 |
| H ₃ | 0,16 | 0,19 | 0,23 | 0,26 |

V = 3300 tr/mn

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| H ₁ | 0,15 | 0,19 | 0,18 | 0,25 |
| H ₂ | 0,15 | 0,19 | 0,21 | 0,25 |
| H ₃ | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,25 |

V = 3600 tr/mn

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| H ₁ | 0,13 | 0,17 | 0,18 | 0,21 |
| H ₂ | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,24 |
| H ₃ | 0,14 | 0,17 | 0,21 | 0,26 |

Diamètres géométriques moyens (mm)
en fonction de V, H et T

V = 3000

10

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| H ₁ | 8,75 | 10,05 | 5,46 | 5,87 |
| H ₂ | 8,75 | 9,67 | 3,87 | 4,18 |
| H ₃ | 8,75 | 8,87 | 5,01 | 2,92 |

V = 3300

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| H ₁ | 6,33 | 7,96 | 5,03 | 4,18 |
| H ₂ | 6,66 | 7,21 | 4,19 | 3,36 |
| H ₃ | 2,03 | 5,48 | 5,48 | 2,93 |

V = 3600

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| H ₁ | 7,91 | 8,81 | 6,71 | 3,78 |
| H ₂ | 7,50 | 8,38 | 4,61 | 3,76 |
| H ₃ | 9,16 | 12,78 | 4,63 | 3,78 |

Consommations spécifique (ml/Kg)
en fonction de V, H et T.

MOULURE MECANIQUE A SEC DU MAIS
(MOYENNE DE 3 REPETITIONS)

V = 3000

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| H ₁ | 71,39 | 58,87 | 77,28 | 69,93 |
| H ₂ | 56,41 | 115,32 | 169,86 | 305,81 |
| H ₃ | 53,38 | 129,22 | 209,20 | 389,15 |

V = 3300

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| H ₁ | 75,66 | 92,11 | 53,02 | 109,77 |
| H ₂ | 87,39 | 140,63 | 233,35 | 325,17 |
| H ₃ | 60,49 | 160,19 | 204,13 | 374,06 |

V = 3600

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| H ₁ | 97,38 | 66,01 | 114,41 | 188,13 |
| H ₂ | 98,52 | 158,29 | 266,34 | 366,05 |
| H ₃ | 71,16 | 159,44 | 319,26 | 379,441 |

RENDEMENTS

| ADMISSION | OUVERTURE DES TAMIS | | | |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| V = 3000 | | | | |
| H ₁ | 0,17 | 0,20 | 0,22 | 0,23 |
| H ₂ | 0,19 | 0,22 | 0,23 | 0,27 |
| H ₃ | 0,19 | 0,22 | 0,22 | 0,27 |

V = 3300

| | | | | |
|----------------|------|------|------|------|
| H ₁ | 0,17 | 0,18 | 0,22 | 0,20 |
| H ₂ | 0,16 | 0,20 | 0,21 | 0,23 |
| H ₃ | 0,17 | 0,20 | 0,21 | 0,23 |

v = 3600

| | | | | |
|----------------|------|------|------|------|
| H ₁ | 0,16 | 0,16 | 0,18 | 0,21 |
| H ₂ | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,24 |
| H ₃ | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 |

DIAMETRES GEOMETRIQUES MOYENNES

| ADMISSION | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| V = 3000 | | | | |
| H ₁ | 14,58 | 19,72 | 16,74 | 19,09 |
| H ₂ | 25 | 10,58 | 7,22 | 4,18 |
| H ₃ | 24,17 | 10 | 5,88 | 3,80 |

v = 3300

| | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|
| H ₁ | 15 | 12,18 | 20,10 | 10,04 |
| H ₂ | 17,50 | 8,79 | 5,89 | 3,77 |
| H ₃ | 22,92 | 8,04 | 6,33 | 3,77 |

= 3600

| | | | | |
|----------------|-------|------|------|------|
| H ₁ | 13,33 | 15 | 10 | 7,95 |
| H ₂ | 16,25 | 8,33 | 5 | 4,60 |
| H ₃ | 24,17 | 10 | 5,12 | 4,60 |

CONSONNATIONS SPECIFIQUES

ROUTURE MECANIQUE DU MIL SOUNA SEC
 ANALYSE CHIMIQUE EFFECTUE PAR L'I.T.A.
 en % de matière sèche

| VITESSE (tr/mn) | OUVERTURE DU TAMIIS (mm) | HAUTEUR D'ADMISSION (mm) | HUMIDITE (H ₂ O) | CENDRES | MATIERE BRUTE | CELLULOSE | PROTEINES |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|------------------|-----------|-----------|
| 3000 | 0,7 | 7 | 10,80 | | | | |
| | | 12 | 10,70 | 1,45 | 4,26 | 0,46 | 8,15 |
| | | 18 | 10,30 | 1,35 | 2,02 | 1,27 | 10,50 |
| 3300 | 1,0 | 7 | 11,10 | 2,03 | 3,98 | 0,60 | 7,60 |
| | | 12 | | | | | |
| | | 18 | | | | | |
| 3300 | 0,7 | 7 | 10,30 | 1,37 | 4,25 | 1,50 | 8,05 |
| | | 12 | 10,30 | 1,48 | 3,28 | 1,56 | 7,80 |
| | | 18 | 11,05 | 1,47 | 4,65 | 1,42 | 8,95 |
| | 1,0 | 7 | 10,60 | 1,54 | 4,76 | 0,80 | 7,42 |
| | | 12 | 10,70 | 1,21 | 4,12 | 1,20 | 7,34 |
| | | 18 | 11,20 | 1,40 | 3,95 | 0,33 | 9,10 |
| 3600 | 1,5 | 7 | 10,55 | 1,58 | 4,99 | 0,62 | 7,31 |
| | | 18 | 10,60 | 1,47 | 2,60 | 0,44 | 7,18 |
| 3600 | 0,7 | 7 | 11,30 | 1,41 | 4,15 | 0,72 | 7,30 |
| | | 12 | 10,85 | 1,56 | 4,13 | 1,36 | 7,65 |
| | | 18 | | | | | |
| 3600 | 1,5 | 7 | 11,10 | 1,40 | 3,55 | 1,02 | 7,40 |
| | | 12 | 10,80 | | | | 7,45 |
| | | 18 | 10,30 | 1,32 | 3,52 | 0,32 | 7,50 |

$\bar{M} = 10,31$
 CV = 2,88 %

$\bar{M} = 1,46$
 0,17
 CV = 11,87 %

$\bar{M} = 3,85$
 0,58
 CV = 15,07 %

$\bar{M} = 0,89$
 0,42
 CV = 47,7 %

$\bar{M} = 8,05$
 0,91
 cv = 11,19 %

L'influence de la grosseur des mailles du tamis apparaît nettement sur la finesse du produit final, le rendement net et la consommation spécifique. D'une façon générale, plus le diamètre des mailles du tamis est réduit, autant le diamètre géométrique moyen final des particules est petit, plus le rendement est faible et davantage la consommation spécifique est élevée. En effet, toutes conditions égales ailleurs, les actions d'impact entre les graines, les marteaux et les parois internes du tamis sont plus nombreuses dans le cas de la farine que dans le cas de la semoule ou du sanxal. Il en résulte un temps plus long et une consommation plus élevée en carburant. L'utilisation d'un tamis dépendra tout naturellement du produit que l'on veut obtenir. Avec les tamis de 0,5 et 0,7 mm, on obtient de la farine plus ou moins fine. Les tamis de 1,0 et 1,5 mm donnent respectivement de la semoule et du sanxal.

La vitesse de rotation des marteaux accroît le rendement net et diminue le diamètre moyen final des particules ainsi que la consommation spécifique. L'influence cependant n'est pas aussi nette que celle des tamis. Elle dépend des tamis utilisés et de la hauteur d'admission. On assiste même à une augmentation de la consommation spécifique et à une diminution sensible du rendement net avec le tamis 0,5 et 0,7 mm à la vitesse $V = 3600$ tours/mn et $H = 18$ mm pour le mil Souma. Ceci est dû à un bourrage ou niveau de la chambre de mouture qui n'est plus aéré normalement ; on a un échauffement poussé des roulements du palier et la courroie patine dans la gorge de la poulie du moulin qui se trouve ainsi bloqué. C'est ce qui explique la haute consommation de carburant et le faible rendement. Par contre, les particules sont légèrement plus fines aux grandes vitesses.

L'influence de la hauteur d'admission sur le rendement et la consommation spécifique est très nette, ce qui était d'ailleurs à prévoir. L'effet "hauteur d'admission" est cependant plus prononcé avec les tamis de gros diamètre qu'avec ceux de diamètre inférieur, surtout quand la vitesse augmente ainsi que nous l'avons souligné précédemment. D'une façon générale donc, 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 lumière de ces essais, nous recommandons les réglages ci-après :

| | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------|
| <u>Mil Souma</u> : | Farine ^{/fine} : | Tamis de 0,5 mm |
| | | Vitesse $V = 3600$ tours/minute |
| | | Hauteur d'admission $H = 12$ mm |
| | Farine : | Tamis de 0,7 mm |
| | | Vitesse $V = 3300$ tours/mn |
| | | Hauteur d'admission $H = 12$ mm |
| | Sanxal : | Tamis de 1,5 mm |
| | | Vitesse $V = 3300$ tours/mn |
| | | Hauteur d'admission $H = 18$ mm |
| Maïs | : Farine fine : | Tamis de 0,5 mm |
| | | Vitesse $V = 3600$ tours/mn |
| | | Hauteur d'admission $H = 12$ mm |
| | Farine | : Tamis de 0,7 mm |
| | | Vitesse $V = 3300$ tours/mn |
| | | Hauteur d'admission $H = 23$ mm |
| | Semoule | : Tamis de 1,0 mm |
| | | Vitesse $V = 3600$ tours/mn |
| | | Hauteur d'admission $H = 23$ mm |
| | Sanxal | : Tamis de 1,5 mm |
| | | Vitesse $V = 3300$ tours/mn |
| | | Hauteur d'admission $H = 33$ 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 en fait de voir jusqu'à quel point la vitesse de rotation des marteaux influence sur la composition finale du produit et ceci dans quel sens. On pourra alors préconiser des réglages définitifs en fonction de la nature des graines, de leur état sanitaire et des produits que l'on veut obtenir, l'objectif final étant d'avoir des produits sains de haute valeur nutritive.

Les essais de mouture ont aussi porté sur des graines de soja livrées par SN/Soja au CNRA de Bambey. La quantité reçue ne permettait pas de mettre sur pied un dispositif expérimental tenant compte de tous les facteurs qui influent sur la qualité de la mouture. Pour une première approche, nous avons donc testé 2 vitesses (3300 et 3600 tours/minute), 2 hauteurs d'admission (12 et 18 mm) et le tamis de 0,7 mm de diamètre de maille. Toutes conditions égales ailleurs, vitesse $V = 3600$ tours/mn donne un produit plus fin aux regards de l'analyse granulométrique; cependant, on note un échauffement par frottement des roulements du palier et de la poulie d'entraînement des marteaux et de la poulie elle-même, ce qui occasionne le patinage et l'étirement de la courroie de transmission. Ceci se produit à la hauteur d'admission $H = 18$ mm et produit un étouffement du moteur parce que la quantité de graines admise dans la chambre de mouture est excessive. Si l'on veut obtenir un produit plus fin sans ennuis mécaniques, il faudra prévoir une poulie et une courroie de transmission plates car le rendement mécanique est alors plus élevé. Par contre, la hauteur d'admission $H = 12$ mm à 3600 tours/mn semble parfaitement convenir car aucun problème d'ordre mécanique n'apparaît et le diamètre géométrique moyen final des particules obtenues est 0,27 mm, alors que dans les mêmes conditions à 3300 tours/mn, il oscille entre 0,29 et 0,32 mm suivant les conditions du décorticage (avec un meilleur décorticage, les produits de mouture sont plus fins).

Cette première approche est loin d'être complète. Elle a néanmoins servi à fixer les limites dans lesquelles les prochains essais se feront afin de mieux cerner les problèmes liés à la transformation des graines de soja. Il s'agira en particulier de déterminer :

- les paramètres de base pour la mouture (et le décorticage) ;
- les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de la farine de soja ;
- l'acceptabilité des produits de mouture du soja ;
- les coûts de production de la farine de soja.

4.3.- Fabrication de riz de maïs

Ce que nous appelons "riz de maïs" est en fait le résultat d'un broyage grossier du maïs décorticé qui donne des brisures plus ou moins homogènes, de la grosseur approximative des grains de riz décorticé. Nous avons testé plusieurs tamis et plusieurs 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 très élevé. Nous avons donc fabriqué un tamis de 4 mm qui convient parfaitement, bien qu'on obtienne assez de farine et de somoule pour justifier l'emploi ultérieur d'un tamiseur qui sert aussi à séparer le gros riz du petit et moyen riz. En effet, la structure mécanique du maïs (surtout les variétés à endosperme farineux) ne permet pas d'obtenir uniquement des brisures; même aux faibles vitesses, il y a toujours de la farine et de très petites brisures. Il s'agissait alors pour nous de trouver les réglages adéquats pour avoir le maximum de rendement en "riz". Le tamiseur permet de séparer les diverses fractions et de les classer en gros riz, riz moyen, petit riz, semoule et farine. De nos essais, il résulte qu'avec le tamis de 4 mm à la vitesse $V = 1500$ tours/mn et $H = 15$ mm, les rendements en "riz" sont les plus élevés car on obtient 78 % de "riz" et 22% de semoule et farine, alors qu'à partir de 1600 tours/mn, le taux d'extraction de la farine augmente très rapidement. En dessous de 1500 tours/mn et dans les mêmes conditions, les brisures sont trop grosses et ne peuvent pas être assimilées à du riz.

| | | | |
|---------------------------------------|-----------|-------|--------|
| gros riz (refus du tamis de 2,5 mm) : | 13,400 kg | ----- | 24,1 % |
| riz moyen (refus du tamis de 2 mm) : | 21,300 kg | ----- | 38,3 % |
| petit riz (refus du tamis de 1,5mm) : | 8,600 kg | ----- | 15,5 % |
| saxal + semoule + farine (Pan) : | 12,300 kg | ----- | 22,1 % |

La consommation spécifique de carburant est très basse : 3 ml/kg et l'on a un rendement de 145 kg/heure.

Quant au tamiseur qui a été conçu au CNRA de Bamboey, il est actionné par le moteur Lister et donne satisfaction dans l'ensemble, même si l'on observe quelques pertes au niveau des goulottes de sortie des produits tamisés. La poulie l'entraînement du tamis tourne à 170 tours/mn. Le rendement est d'environ 180 kg/h mais dépend du rythme d'alimentation. La consommation spécifique de carburant est de 1,64 ml/kg à 180 kg/heure et pourra être réduite en augmentant le rendement du tamiseur.

4.4- Conservation et acceptabilité des produits de mouture

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 produits sont fins 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 (dégradation des protéines et réduction des lipides) : l'humidité. Le taux moyen d'humidité que nous obtenons par cette voie est de l'ordre de 10% alors que la farine obtenue selon les méthodes traditionnelles en contient en moyenne 35%.

D'autre part, le décoritage par abrasion et aspiration du son et des impuretés débarrasse 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 (Y. de LUCA, 1979).

Ainsi donc, nous avons pu conserver dans des sacs de plastiques des produits de mouture qui n'ont subi aucune altération pendant plus de six (6) mois : ils ont conservé leurs caractéristiques physiques et organoleptiques. Il reste à savoir si leur valeur nutritive est restée la même ou s'il y a eu évolution avec le temps.

Il fallait aussi recueillir l'avis des populations sur cette nouvelle méthode de transformation, étant donné qu'elles sont les premières concernées et que le succès ou non succès de ladite méthode ne peut que dépendre d'elles et d'elles seules. Nous avons donc procédé à la distribution des produits au niveau des différents quartiers de BAMBEY, BAMBEY SERF-RE, CNRA et TOUBE afin de connaître les appréciations des ménagères et des chefs de famille concernant ce mode de transformation des céréales, en référence aux méthodes jusqu'ici connues. Il s'agissait de savoir si le produit était ou non différent de ceux habituellement consommés et si ces personnes étaient prêtes à l'acheter au marché. Nous avons reçu 126 réponses sur plus de 300 échantillons distribués, n'ayant pas été possible de recueillir toutes les réponses avec les moyens disponibles. Nous pensons néanmoins que ces réponses sont significatives à plus d'un titre et nous encourageant à continuer notre action. Ces réponses ont été les suivantes :

| | | | |
|---------------------|----------------|-----|--------------|
| | identique | 48 | |
| - le produit est | peu différent | 35 | |
| | différent | 18 | |
| | très différent | 25 | |
| - le produit | a le même goût | 48 | ----- 38,1 % |
| | est moins bon | 17 | ----- 13,5 % |
| | est meilleur | 61 | ----- 48,4 % |
| - l'acheteriez-vous | Oui | 123 | |
| | Non | 3 | |

Dans leur grande majorité, les personnes interrogées trouvent les produits équivalents ou meilleurs que les produits traditionnels parce qu'ils se conservent mieux et donnent un rendement nettement supérieur lors de la préparation des mets (il faut ajouter beaucoup d'eau car les produits sont secs). On doit tenir compte bien sûr des conditions dans lesquelles cette petite enquête a eu lieu (distribution gratuite des échantillons) dans l'appréciation des résultats, mais il ne fait aucun doute que le produit est bien accepté par les populations.

À la question "Acheteriez-vous ce produit au marché ?", le oui a été massif. En fait, la ménagère sénégalaise de la ville achète couramment sa farine et même 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 (Y. de LUCA, 1979).

Pour avoir une idée plus exacte de l'acceptation des produits par les populations, nous avons procédé en un second temps à la vente de quelques 400 kilogrammes de farine et "riz de maïs" parmi les travailleurs du CNRA qui sont un échantillon représentatif de la population de BAMBEY et environs. Nous avons interrogé 102 personnes dont voici les réponses :

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

| | | |
|-------------------------------|---------------------|----|
| Quel mets avez-vous préparé ? | riz au poisson | 45 |
| | riz à la viande | 3 |
| | riz à la sauce | 6 |
| | riz au lait | 25 |
| | divers riz | 6 |
| | "fax" "cholong") | 10 |
| | couscous | 16 |

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. Nous pensons pourtant que c'est un avantage quant au résultat final car à quantité initiale égale, le "riz de maïs" donne un rendement final supérieur du fait même de sa plus grande capacité d'absorption d'eau par rapport au riz normal, quant au temps de cuisson, nous recommandons le trempage préliminaire et le passage à la vapeur qui abrègent d'une façon appréciable la durée de cuisson. Il est à noter aussi que le "riz de maïs" consomme moins d'huile que le riz normal : c'est l'avis des ménagères interrogées. Il est intéressant de relever que les personnes qui trouvent le produit moins bon ou mauvais (13,5 % dans le premier cas et 11 % dans le second) ne savaient pas comment procéder à la préparation préliminaire ou avaient tout bonnement ignoré les conseils prodigués, de telle sorte que le résultat final a été plus ou moins négatif. Ceci est loin d'être négligeable car il souligne une fois de plus la nécessité d'une "information permanente à tous niveaux, déclanchant la méfiance quant aux risques encourus, et l'exemple quant aux précautions à appliquer" et l'adaptation du "savoir-faire" aux us et coutumes des populations : un manque d'information (qui entraîne souvent la non motivation) et de formation des utilisateurs peut rendre vaines des années de recherches ayant pourtant abouti à des résultats techniques très valables. En effet, "la technique" pour la technique n'existe pas dans la mesure où elle met en œuvre des hommes intégrés dans des structures socio-économiques et culturelles dont il faut bien tenir compte si l'on veut arriver à des résultats appréciés par la grande majorité du groupe concerné, c'est-à-dire des résultats qui vont dans le sens de l'intérêt général.

Nous avons aussi distribué cent (100) kilogrammes de farine de soja qui était en parfait état de conservation deux (2) mois après sa transformation car il n'y avait aucune détérioration visible ni sensible ; ce qui tendrait à prouver qu'avec le système de transformation adoptée le produit est susceptible d'être conservé longtemps sans pertes notables de ses caractéristiques physico-chimiques organoleptiques et nutritives intrinsèques. En effet, les transformations biochimiques sont fortement inhibées en absence d'eau, ce qui est le cas ici, notre échantillon ne contenant que 5,22 % d'humidité (analyse effectuée par l'ITA.).

Le soja est peu connu au Sénégal où les populations ignorent de ce fait les immenses possibilités qu'il recèle : huile, lait, fromage, préparations diverses (soufflés, soupes, galottes), tourteaux, etc... Dans la quasi totalité des cas, les personnes ayant reçu la farine en ont fait des galettes (beignets, "accras") en y ajoutant de la farine de mil ou de maïs en guise de liant. Une seule personne a fait du couscous après avoir soigneusement mélangé d'égales quantités de soja et de mil. Elle trouve que la préparation est plus difficile que celle du couscous traditionnel du fait des caractéristiques de la farine de soja mais que le couscous issu de cette combinaison a un très bon goût. Elle pense qu'en mélangeant 2/3 de farine de mil à 1/3 de farine de soja, cette difficulté peut-être surmontée. C'est là un problème qui peut-être résolu facilement. Le plus important, c'est que cette idée ait germé chez la ménagère sénégalaise et il est souhaitable qu'elle se propage le plus possible avec l'extension de la culture du soja. En effet, cette combinaison, qui en soi n'est pas nouvelle dans les habitudes alimentaires des Sénégalais, (couscous + niébé ou riz + niébé) est plus que parfoite dans la mesure où dans les céréales l'acide aminé limitant est la lysine dont les légumineuses sont relativement riches alors qu'elles sont pauvres en méthionine et cystine que les céréales contiennent en quantités suffisantes. Vu sous cette optique, l'introduction du soja peut donc contribuer non seulement à diversifier les cultures vivrières au SENEGAL et donc à réduire la dépendance alimentaire extérieure, mais aussi et surtout, elle peut grandement améliorer le régime alimentaire des populations ; par un apport non négligeable de protéines sous diverses formes. Mais pour y arriver, il faut que les populations soient sensibilisées sur toutes ces possibilités, que la culture soit bien développée et, naturellement, que les études entreprises continuent du côté technique comme du côté socio-économique, surtout

V- CONCLUSION

Dans cette deuxième phase du projet, il nous fallait :

- 1°)- établir les conditions optimales d'utilisation du décortiqueur et du moulin à partir de la nature et de l'état sanitaire du grain, mais aussi en fonction du goût et des habitudes alimentaires des populations concernées ;
- 2°)- produire de la farine et autres produits de mouture de bonne qualité et de longue conservation tout en étant fermentescibles ;
- 3°)- déterminer les coûts de production et tester l'acceptabilité des produits par les populations ; à partir de ces éléments, fixer les coûts d'opportunité.

Au vu des résultats, nous pouvons dire que ces objectifs sont atteints. Nos recherches ont été menées aussi bien en station qu'en milieu réel, ce qui devrait faciliter leur application. Il était important pour nous de connaître les méthodes traditionnelles de transformation 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 les machines à ses besoins : le contraire nous aurait porté vers un échec sûr. Ainsi, un produit dont le taux de décortiquage est inférieur à 22% et 19% respectivement pour le mil souna et le maïs n'est pas du tout accepté par les populations. De même, les variétés de sorghos anthocyaniques ne sont pas acceptés à cause de leur couleur.

Quant à la troisième et dernière phase du projet, elle permettra d'étudier les aspects techniques et économiques liés à l'introduction d'une unité complète de décortiquage-mouture dans une zone semi-urbaine comme BAMBEY. Il sera alors possible d'analyser l'impact socio-économique de cette unité sur le milieu de référence, singulièrement pour ce qui est de la consommation des céréales locales (avec ses conséquences sur la production et les prix du marché) et de l'activité secondaire des femmes (maraîchage, petit commerce, couture, etc...).

Ce dernier aspect sera plus long et plus difficile à déterminer d'une façon précise car les interrelations sont nombreuses et complexes ; il dépasse très certainement le cadre de notre étude et pourra être abordé avec les services de recherches et de développement travaillant spécifiquement sur le sujet (Socio-économique - Promotion Humaine, Action Sociale, SODEVA).

L'unité pilote de décortiquage-mouture a été inaugurée à BAMBEY le 2 octobre 1982 et sa conduite durant les 9 premiers mois sera assurée par le Service de Technologie Post-Récolte du CNRA. A cette date, la gestion sera confiée à un entrepreneur sénégalais qui devra cependant suivre les directives générales du Projet, c'est-à-dire assurer le ravitaillement régulier des populations en farine, semoule, "sankhal" et "riz de maïs" de bonne qualité, de haute valeur nutritive, de longue conservation et d'un prix acceptable pour la grande majorité.

On trouvera en annexe les modalités de calcul du prix de revient des produits de mouture ainsi que des exemples de fiches journalières et hebdomadaires de suivi de l'activité au sein de l'unité.

ANNEXE 1

CALCUL PREVISIONNEL DU PRIX DE REVIENT D'UN KILOGRAMME DE FARINE DE SOUNA

Prévisions } quantité annuellement transformée = 100 tonnes
 } taux de décorticage = 25% ---- 75 tonnes de farine

Consommation de carburant :

décorticage : 15,5 ml/kg ----- 1550 l }
 mouture : 7,5 ml/kg ----- 573 l } 2120 l

Le prix de cession du son est estimé à 35 frs/kg

Capitaux fixes

| | | | |
|----------------------|---|-----------|-----------------|
| .décortiqueuse | : | 800.000 | } 4.990.810 FRs |
| .moulin | : | 1.100.000 | |
| .moteur | : | 1.000.000 | |
| .machine à sceller | : | 300.0110 | |
| .appareils de pesage | : | 427.270 | |
| .construction | : | 1.263.540 | |

Coûts fixes A

| | | | |
|-------------------------|---|---------|-----------------|
| .intérêts (15%) | : | 733.621 | } 3.288.982 Frs |
| .amortissement | | | |
| équipements (20%) | : | 725.454 | |
| construction (5%) | : | 63.177 | |
| .assurances+taxes(1,5%) | : | 73.362 | |
| .Salaires | | | |
| responsable | : | 720.000 | } 973.368 |
| manœuvres (3) | : | 973.368 | |

Coûts variables B

| | | | |
|---|---|---------|---------------|
| .gas-oil (2120l x 150f) | : | 318.000 | } 665.000 Frs |
| .réparations/maintenance: | : | 145.000 | |
| .divers (sachets,électri- cité,transport,etc..): | : | 200.000 | |

Total C = A+B = 3.951.982 3.952.000 Frs

Coût de transformation d'un kg de graines
 = C/Q = 3.952.000/100.000 = 39,52 Frs/kg

Coût du kilogramme de graines = 5,5 frs
 Valeur attribuée au son (0,25 kg) = 8,75 frs
 Coût de production de la farine(0,75kg) = 39,52 x 0,75 = 85,77 frs

Prix du kilogramme de farine = $\frac{85,77 \times 100}{75} = 115$ frs le kilogramme de farine

Marge pour couvrir tous les frais liés au processus de transformation :

= 115 - 55 = 60 Frs

En passant de 100 à 200 tonnes annuellement transformées, les coûts variables B vont de 663.000 Frs à 1.300.000 Frs CFA et le total C= A+B devient 3.280.000 + 1.300.000 = 4.589.000 Frs on a ainsi :

.Coût de transformation d'un kg de grain

$$C/Q = 4.589.000/200.000 = \boxed{22,95 \text{ Frs}}$$

.Coût de production de la farine (0,75 kg)

$$= 22,95 + 55 = 77,95 = 69,20 \text{ Frs}$$

.Prix du Kg de farine = $\frac{69,2 \times 100}{75} = \underline{\underline{93 \text{ Frs}}}$

.marge pour couvrir tous les frais liés au processus de transformation = $93-55 = \underline{\underline{38 \text{ Frs}}}$

Quand on double la quantité transformée, même si les frais variables augmentent proportionnellement, il en résulte une nette diminution du coût de production de la farine, du fait même d'une meilleure productivité des capitaux fixes. Dans l'optique d'une diminution des coûts de production et donc du prix de cession, on tendra à augmenter la production de farine, dans la mesure bien sûr où cette production pourra être absorbée par le marché.

Le calcul du prix des autres produits se fait de la même façon, les variables étant la consommation spécifique de carburant le prix de la céréale, le taux de décorticage et la valeur attribuée au son.

J.P.D/i
SR/TECHNO - CURA/ISRA
B A H B E Y

FICHE JOURNALIERE

DATE _____
TYPE DE CEREALE _____
QUANTITE TRANSFORMEE _____ kg
SON _____ kg
FARINE _____ kg
SEMOLLE _____ kg
SAXAL _____ kg
RIZ DE MAIS _____ kg
DECHETS _____ kg
TAUX D' EXTRACTION _____ %

GAS en L _____
HUILE _____ l
SACHETS _____ Unités
AUTRES (PRECISER) _____

_____ OBSERVATIONS _____

SIGNATURE _____

FICHE HEBDOMADAIRE

SEMAINE DU _____ AU _____

POIDS TOTAL

VALEUR UNITAIRE

MONTANT TOTAL

GRAINL

NIL _____
MAIS _____
SORGHO _____

SON

NIL _____
MAIS _____
SORGHO _____

FARINE

NIL _____
MAIS _____
SORGHO _____

SANKAL

NIL _____
MAIS _____
SORGHO _____

SENOULE

NIL _____
MAIS _____
SORGHO _____
RIZ DE MAIS _____

DEPENSES

SACHETS _____
GAS OIL _____
HUILE _____
AUTRES _____
TOTAL DEPENSES _____

BIBLIOGRAPHIE

- 1-) - A.C.C.T., 1980 - L'amélioration des systèmes Post-Récolte en Afrique de l'Ouest.
ACCT - PARIS
- 2-) - C.I.T., 1979 - La conservation des denrées alimentaires cultivées en climat humide
CULTURE TECHNOLOGIQUE
AUPELF-MONTREAL - PARIS - DAKAR
- 3-) - EASTMAN P., 1980 - Ase end to founding. A new mechanical flour milling system in use in Africa.
IDRC - 152 e
- 4-) - FARREST R.S., YACIUK G., 1980- Sorghum milling. A new agro-industry for BOTSWANA
IDRC - MR 30
- 5-) - G.I.S.S.A., 1982 - Amélioration des systèmes après récolte dans la décennie 1980-1990
Department of Agricultural Research
Koninklijk Instituut Voor de Tropen- AMSTERDAM
- 6-) - HINTON J.J.C., 1953- The distribution of protein in the maize kernel in comparison with that in wheat.
cereal chemists. 30 (s) : 441-445.
- 7-) - HULSE J-H., LAING E.M., 1974 - Nutritive value of triticale protein.
IDRC - 021 e
- 8-) - KUBRITS Y.H., 1965 - Technology of grain processing and provender milling
U.S. Department of Commerce
SPRINGFIELD, Va 22151.
- 9-) - YACIUK G, YACIUK A.D., 1980 - Postharvest technology in SENEGAL.
Current practices and future needs
IDRC - MR 13
- 10-) - SECRAT, 1974 - Manuel de conservation des produits agricoles tropicaux.
Techniques Rurales en Afrique
Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères - PARIS

Ont participé à la réalisation des essais et enquêtes :

| | | |
|--------|---------|-------------|
| Cheikh | BADIANE | Mécanicien |
| Noctar | KOUNTA | Observateur |
| Halick | MBODJ | Observateur |