

UTILISATION DE SORGHO MALTE POUR AMELIORER LA DENSITE  
ENERGETIQUE DES BOUILLIES DE SEVRAGE A BASE DE MANIOC

Philippe GIAMARCHI, et Serge TRECHE.  
ORSTOM Brazzaville.

INTRODUCTION

Pour permettre la préparation de bouillies de sevrage à haute densité énergétique au niveau des ménages, nous avons été conduit à rechercher une source d'enzymes naturellement disponible. Pour cela nous nous sommes intéressé au pouvoir amylolytique élevé des céréales germées, et plus particulièrement du sorgho malté.

Comme substrats servants de base à la bouillie nous avons choisi le manioc, qui est l'aliment de base en Afrique Centrale, et le maïs. Ces deux aliments étant cultivés au Congo, ils sont facilement disponibles.

Si de nombreux auteurs ont déjà travaillé sur l'utilisation du sorgho malté pour augmenter la densité énergétique des bouillies, à notre connaissance aucune étude n'a été à ce jour publiée sur la combinaison manioc-sorgho.

Le sorgho est une céréale adaptée au climat, qui a été cultivée au Congo il y a 3 siècles, et qui faisait probablement partie des aliments de base avant l'introduction du manioc. De plus il est actuellement consommé dans de nombreux pays africains.

Le sorgho présente également une composition intéressante en nutriments avec 11 % de protéines et 3.3 % de lipides (contre seulement 1.6 % et 0.4 % pour le manioc). Certains auteurs l'ont proposé en complémentation avec des légumes pour obtenir des mélanges ayant une bonne valeur protéique (9, 11, 12).

Cependant son principal inconvénient tient à sa forte teneur en antinutriments, ainsi qu'à une augmentation du taux d'acide cyanhydrique observée lors de sa germination.

Après avoir rappelé les différentes possibilités d'utilisation du sorgho malté décrites par d'autres auteurs dans des travaux antérieurs. Nous examinerons les résultats que nous avons obtenus pour l'augmentation de la densité énergétique des bouillies à base des substrats locaux, maïs, et manioc.

I - LE SORGHO MALTE ET LES BOUILLIES DE SEVRAGE:  
TRAVAUX ANTERIEURS

Le maltage du sorgho à toujours été une activité traditionnelle en Afrique, ou son pouvoir amylolytique élevé était utilisé pour la saccharification de céréales et la production de bière locales (7, 2, 13).

14 SEP. 1994

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 40 143

Cote : B

ex 1

Cependant, même si le sorgho est la troisième source de céréales utilisée dans le monde, et un des principaux aliments céréaliers utilisé en Afrique pour l'alimentation des familles et des enfants (2), c'est toujours sous forme de farine de grains non germés, laissant ainsi inexploité son important potentiel amylolytique (13).

A partir de ces deux constatations de nombreux auteurs ont cherché à appliquer la technologie de maltage du sorgho, le plus souvent déjà connue par les populations Africaines, à l'augmentation de la densité énergétique des bouillies de sevrage.

En effet lors de sa germination le sorgho développe une importante activité amyliasique pour fournir l'énergie glucidique nécessaire au développement de la plantule. L'activité enzymatique provient pour 20 % d'une bêta-amylase, et pour 80 % d'une alpha-amylase (2). Les enzymes produites provoquent des coupures des chaînes d'amylose et d'amylopectine pendant la cuisson des bouillies, empêchant ainsi la formation d'un réseau de gélose amyliacée, et réduisant ainsi la capacité de fixation de l'eau (15).

Cependant un des principaux inconvénients nutritionnel du sorgho est sa richesse en tanins. Ces tanins lui permettent de résister aux prédateurs, notamment aux oiseaux, ainsi qu'aux mauvaises conditions climatiques, et évitent également une prégermination des grains avant la moisson (10, 14). Sur un plan nutritionnel les tanins présentent l'inconvénient de réduire la disponibilité des protéines en créant des complexes indigestibles. De plus ce sont des inhibiteurs enzymatiques qui en réduisant l'activité de la trypsine réduisent l'absorption intestinale des acides aminés (14). Il est cependant possible de détoxifier le sorgho et de réduire son taux de tanins par un stockage anaérobie après un trempage dans de l'acide chlorhydrique ou de la soude (14), ou encore par traitement à l'ammoniac gazeux  $NH_3$ , ou par une solution d'ammoniaque  $NH_4OH$  (10). Mais une telle technologie ne saurait être applicable dans notre cas.

Par chance la germination du sorgho à l'avantage d'entraîner également une réduction de sa teneur en tanins, phytates, et inhibiteurs anti-trypsiques, par rapport au grain non germé (7). Cependant il est important de dégermer le sorgho malté, en ôtant les radicelles et la plantule, avant d'extraire la farine. Car la quantité d'acide cyanhydrique contenue dans la plantule devient très importante (4). Elle peut être en moyenne de 454 ppm par plantule (1), au point de pouvoir atteindre la teneur létale pour un home adulte (61 mg d'acide cyanhydrique), avec seulement 100 g de plantule (4).

Les propositions d'utilisation de la farine de sorgho malté sont extrêmement diverses selon le pays ou les travaux ont été réalisés, et les aliments de compléments utilisés.

GOPALDAS, dans ses travaux menés en Inde en 1987, a proposé la production d'ARF (Amylase Rich Food), à partir de céréales germées de blé, de maïs, de millet et de sorgho, qui seraient ajoutées aux farines non maltés des céréales correspondantes (2, 3, 4). Dans ce cas l'ARF de sorgho, incorporée au taux de 8 % dans de la farine de sorgho, permet d'obtenir des bouillies de concentration atteignant 25 % de matière sèche (4). Lors d'essais sur le terrain les mélanges proposés ont été bien acceptés par les parents et les enfants, et une meilleure croissance de enfants nourris selon ces régimes a pu être constatée (3, 4).

Des études de SVANBERG réalisées en Ethiopie en 1987, ont montré qu'en incorporant 5 % de farine de sorgho malté, dans un mélange traditionnel de farine de sorgho et de "fafa" (préparation locale à base de blé), permettait d'atteindre une densité énergétique de 1.2 kcal/g. De plus le mélange proposé a été bien accepté par les familles (16). D'autres travaux du même auteur sur des bouillies préparées exclusivement à partir de farines de sorgho et de millet maltés ("farines énergétiques"), pures ou en complémentarité avec des farines traditionnelles des mêmes céréales; ont permis en réduisant le volume alimentaire, de consommer jusqu'à 35 % d'aliments en plus, avec une densité énergétique de 1.15 kcal/g (15).

KINGAMKONO a travaillé pour sa part en Tanzanie en 1987, sur l'incorporation de farine de sorgho malté dans des farines de céréales locales. Il a pu obtenir une concentration des bouillies de 27 % de matière sèche. Mais un fort taux d'incorporation de 23 % de farine de sorgho malté à été nécessaire (6).

Les travaux de MOSHA également en Tanzanie en 1987, ont portés sur l'incorporation de 5 % de farine de sorgho malté (issu d'une variété pauvre en tanins), dans des farines de sorgho et de maïs. Dans ces conditions il a été possible d'atteindre une concentration des bouillies de 15 % de matière sèche. De plus les mélanges proposés ont été bien acceptés par les mères et les ménagères (8).

Enfin LUHILA a étudié en Zambie en 1987, l'incorporation de 10 % environ de farine de céréales germées, dans des farines de Maïs, sorgho et millet pour augmenter la densité énergétique des bouillies. Ces bouillies devaient être également complémentées en arachide et en haricot avant de mettre en place des tests d'acceptabilité sur des groupes d'enfants (7).

Si les différents auteurs que nous venons de citer ne s'accordent pas sur les modalités d'utilisation, tous reconnaissent l'intérêt de la farine de sorgho malté, pour augmenter la densité énergétique des bouillies de sevrage. Nous nous sommes d'ailleurs inspirés de ces études pour définir les protocoles opératoires que nous avons étudiés.

Pour notre part nous avons voulu compléter ces résultats en étudiant la combinaison sorgho-manioc. Cette solution, qui n'a pour l'instant pas été explorée, nous paraît en effet très intéressante dans le contexte actuel du Congo et plus généralement de l'Afrique Centrale.

## II - MATERIEL ET METHODES

### 1 ) Matériel

Le sorgho que nous avons utilisé provient d'une variété indigène qui avait été récupérée par AGRICONGO.

Le premier plan de sorgho a été trouvé dans le jardin d'une case, à l'état sauvage, à la station agricole de Kouzoulou (région des plateaux). Il avait du être introduit au Congo il y a une centaine d'années par des missionnaires qui habitaient cet endroit.

A partir de cet épi trois récoltes successives ont été réalisées en 1987, 1988 et 1989. Cette dernière a occupé une superficie de 1000 m<sup>2</sup>, et elle a permis d'obtenir un bon rendement de 1.6 t/ha. Un essai de culture en saison sèche a pu montrer également que cette variété résistait bien au manque d'eau. De plus grâce à sa forte teneur en tanins ce sorgho n'est pas consommé par les oiseaux, ni par les insectes.

Un bon rendement, une bonne adaptation au manque d'eau, ainsi qu'une bonne résistance aux prédateurs, rendent cette variété de sorgho très intéressante pour son exploitation.

La farine de manioc a été préparée à partir de cossettes séchées commercialisées sur les marchés et provenant de variétés cultivées au Congo. Les cossettes ont été écrasées dans un broyeur à marteaux muni d'une grille à maille de 1mm pour obtenir la farine.

## 2 ) Maltage du sorgho

### 2.1 ) Méthodologie utilisée

Le maltage a été réalisé à l'atelier de transformation des produits agricoles d'AGRICONGO.

Toutes les opérations qui vont être décrites ont été réalisées dans des conditions artisanales, de façon à être facilement transférables au niveau des ménages. (Tableau II).

- La première opération est manuelle, il s'agit d'un décorticage des grains de sorgho pour enlever les glumes et les béliques.
- On nettoie des diverses impuretés présentes.
- On fait ensuite tremper les grains dans de l'eau, sans adjonction d'acide, à température ambiante durant 24 à 72 heures.
- Après le trempage, la germination est réalisée sur un tissu maintenu humide, à température ambiante, et à l'abri des rayons directs du soleil. Cette germination se déroule pendant 12 à 48 heures, jusqu'à l'apparition d'une plantule de 5 cm environ.
- Les grains germés sont ensuite séchés au soleil pendant 2 à 3 jours. Puis une nouvelle opération manuelle est nécessaire pour ôter les plantules desséchées.
- Enfin l'ensemble des grains dégermés (écorce et albumen), sont écrasés dans un broyeur à marteau pour obtenir une farine de couleur brune, la farine de sorgho malté.

### 2.2 ) Optimisation des conditions de maltage

Pour déterminer les conditions de maltage permettant d'obtenir la plus forte activité amylasique de la farine de sorgho malté; Nous avons réalisé plusieurs essais selon le protocole décrit précédemment, en modifiant la durée de trempage et de germination. (Tableau III).

Pour chaque essai nous avons estimé l'activité amylolytique de la farine de sorgho malté en réalisant une bouillie de manioc contenant 10 % de sorgho malté, avec une concentration de 22 % de matière sèche.

Les résultats obtenus en viscosité et en vitesse d'écoulement montrent qu'une durée de trempage de 24 heures et une durée de germination de 48 heures permettent d'obtenir la plus forte activité amylolytique. (Tableau III).

## 3 ) Préparation des bouillies

Les bouillies ont été préparées en chauffant, le mélange des farines de manioc et de sorgho, en suspension dans de l'eau froide (masse de l'ensemble farine + eau: 250g) dans une petite casserole. Le chauffage a été réalisé sur une plaque électrique de 1500 Watts dans sa position de chauffe maximale.

La durée de cuisson des bouillies a été de 5 minutes, sous agitation constante (cuillère en bois), après avoir dépassé 85°C, température à partir de laquelle on peut constater un frémissement du mélange et l'apparition de "bulles" en surface. (Tableau IV).

Après la cuisson, les bouillies sont laissées refroidir à température ambiante jusqu'à ce qu'elles atteignent 50°C, puis elles sont maintenues à 45°C par un bain-marie thermostaté, le temps d'effectuer les mesures.

#### 4 ) Mesure de la viscosité et de la vitesse d'écoulement

##### 4.1 ) Mesure de la concentration des bouillies.

La concentration des bouillies au moment des mesures de consistance, exprimée en pourcentage de matière sèche, a été déterminée par la perte de poids sur des prises d'essais d'environ 10g dans une étuve à 104°C pendant 24H.

##### 4.2 ) Mesure de la viscosité.

La mesure a été réalisée sur un viscosimètre rotatif HAAKE VT500, muni d'un dispositif de mesure SV-DIN (vitesse de rotation de 64.5 tours par minute), et d'une enceinte thermostatée à 45 °C. Pour chaque bouillie, la lecture a été réalisée après 10 minutes de fonctionnement du viscosimètre de façon à obtenir une valeur stabilisée.

##### 4.3 ) Mesure de la vitesse d'écoulement.

La vitesse d'écoulement des bouillies a été estimée en mesurant dans un polyvisc KINEMATICA. La mesure donne la distance parcourue pendant 30 secondes par 100g de bouillie à une température comprise entre 40 et 42°C.

##### 4.4 ) Corrélation viscosité - écoulement

Les deux mesures donnent une estimation différente de la rhéologie des bouillies. En effet la relation entre la vitesse d'écoulement et la viscosité d'une bouillie n'est pas linéaire, mais suit au contraire une courbe d'allure parabolique (Figure 1).

Cette relation est différente selon la nature de la farine ayant servi à préparer la bouillie, puisqu'une viscosité de 1.5 Pascal.seconde correspond à un écoulement très faible de 10 mm/30s pour une bouillie de maïs, et au contraire à un écoulement important de 100 mm/30s pour une bouillie de manioc (Figure 1).

De plus la mesure de la vitesse d'écoulement est probablement plus proche de "l'estimation qualitative" que réalisent les mères Africaines, en "laissant s'écouler" un peu de bouillie à partir d'une petite cuillère, pour suivre la cuisson.

La mesure physico-chimique de la viscosité donne une grandeur mesurable de laboratoire, et la vitesse d'écoulement donne une estimation rhéologique qui pourrait être validée comme une mesure de terrain. Ces deux grandeurs étant complémentaires nous avons donc dans chaque cas effectué les deux mesures.

### III RESULTATS OBTENUS POUR DES BOUILLIES A BASE DE MANIOC

#### 1 ) Intérêt du mélange sorgho - manioc

Dans un premier temps nous avons voulu comparer l'effet de l'incorporation de sorgho malté sur les farines les plus couramment utilisées au Congo que sont le manioc et le maïs.

Nous avons donc étudié l'évolution de la viscosité et de la vitesse d'écoulement des mélanges maïs-sorgho et manioc-sorgho en fonction de la concentration des bouillies.

Nous avons choisi un taux d'incorporation de 10 % qui nous a paru raisonnablement envisageable pour une production artisanale de sorgho malté; et qui correspond également aux valeurs proposées par l'autres auteurs.

Nous avons comparé la viscosité (Figure 2), et la vitesse d'écoulement (Figure 3), des bouillies obtenues à partir des farines traditionnelles, aux bouillies réalisées après incorporation de sorgho.

On peut constater que l'incorporation de sorgho permet d'obtenir une amélioration importante de la densité énergétique des bouillies de manioc si on compare aux bouillies de farines témoins.

Par contre les bouillies de maïs additionnées de la même quantité de sorgho, ne présentent qu'une très légère amélioration. La structure de l'amidon de maïs semble donc beaucoup plus résistante à l'action des amylases que celui de l'amidon de manioc. En effet pour obtenir des résultats similaires à ceux du manioc sur les farines de maïs, il serait nécessaire d'atteindre un taux d'incorporation d'environ 50 %, ce qui serait totalement sans intérêt sur le plan pratique.

Si on compare le taux de matière sèche atteint, correspondant à une viscosité optimale de 2 Pascal.seconde (Figure 4), on trouve 11 % de matière sèche pour les bouillies traditionnelles de maïs et de manioc.

On obtient par contre 13.5 % de matière sèche pour les bouillies maïs-sorgho malté et 22.5 % de matière sèche pour les bouillies manioc-sorgho malté.

Soit une augmentation de la densité énergétique d'environ 10 kcal/100g dans le cas du maïs, et d'environ 46 kcal/100g dans le cas du manioc.

Des résultats similaires sont obtenus si on s'intéresse cette fois à la concentration des bouillies correspondant à une vitesse d'écoulement optimale de 60 mm/30s (Figure 5), ou l'on trouve 8 % de matière sèche pour la bouillie traditionnelle de maïs, et 11 % pour celle de manioc. Alors que la supplémentation en sorgho permet d'atteindre 11 % de matière sèche pour la bouillie de maïs, et 23 % pour celle de manioc.

Soit, à nouveau une augmentation importante de la densité énergétique d'environ 48 kcal/100g pour la bouillie de manioc.

L'addition de 10 % de sorgho malté a donc permis d'augmenter seulement d'approximativement 40 % la densité énergétique des bouillies de maïs par rapport à la bouillie traditionnelle. Alors que l'on a pu atteindre une augmentation d'environ 110 % de la densité énergétique des bouillies de manioc, soit plus du double par rapport à la bouillie traditionnelle.

Le manioc nous paraît donc un substrat particulièrement intéressant dans notre cas, alors que le maïs ne présente que peu d'intérêt.

## 2 ) Détermination du taux d'incorporation

Nous avons cherché à connaître les quantités de farine de sorgho malté à incorporer en fonction de la viscosité et de la "fluidité" (vitesse d'écoulement), désirée des bouillies.

Pour cela nous avons fait varier le taux d'incorporation de farine de sorgho malté dans des bouillies de manioc à 30 % de matière sèche, ce qui permet d'atteindre une densité énergétique optimale de proche de 120 kcal/100g. Ainsi que dans des bouillies mixtes manioc-soja (75 % / 25 %), à 24 % de matière sèche, qui présentent l'avantage d'un meilleur équilibre nutritionnel sur le plan protéique. (Figure 6 et 7).

On a pu obtenir de très bons résultats quant à l'augmentation de la densité énergétique des bouillies (Figure 6). Pour une viscosité optimum de 2 Pascal.seconde Il suffit d'incorporer 6 % de sorgho malté dans la bouillie mixte manioc-soja. Il est par contre nécessaire d'incorporer 13 % de sorgho malté dans la bouillie de manioc.

De même si on se fixe une vitesse d'écoulement optimum de 60 mm/30s, il suffit d'incorporer 5 % de sorgho dans la bouillie manioc-soja, alors que 13 % de sorgho sont nécessaires dans la bouillie de manioc (Figure 7).

Cependant si on peut atteindre une densité énergétique importante des bouillies de manioc, un taux d'incorporation de farine de sorgho malté d'environ 15 % devient assez contraignant pour une production artisanale "à l'échelle du ménage". Afin de promouvoir efficacement un tel procédé il semblerait préférable de se limiter à un taux d'incorporation de 10 %, ce qui permet tout de même, nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, d'augmenter de manière très satisfaisante la densité énergétique des bouillies de manioc.

Il est par contre possible d'optimiser le mode de préparation de la bouillie de façon à favoriser l'action des amylases. De cette façon il pourrait être possible d'augmenter la densité énergétique des bouillies, en conservant un taux d'incorporation de 10 % de sorgho malté, ce qui n'alourdirait pas la charge de travail qui incombe aux ménages.

## 3 ) Optimisation du mode d'utilisation

Sans modifier le taux d'incorporation de farine de sorgho malté, qui reste égal à 10 %, nous avons essayé d'optimiser les conditions d'action des amylases. Pour cela nous avons fait varier différents paramètres du mode opératoire de préparation de la bouillie, en conservant une concentration de 28 % de matière sèche (Tableau V):

1 ) La température de précuisson, c'est à dire la température jusqu'à laquelle la farine et l'eau sont chauffés en agitant sans cesse pour assurer un mélange homogène, et une gélatinisation partielle ou totale de l'amidon. En effet une précuisson à une température plus élevée produit une gélatinisation plus importante de l'amidon, ce qui favoriserait d'activité amylasique, à condition toutefois que les amylases de sorgho soient suffisamment thermorésistantes.

2 ) Le temps de repos de la bouillie précuite (attente avant cuisson): Il s'agit de choisir la durée d'action des amylases entre 5 et 15 minutes. La bouillie durant ce temps est laissée refroidir hors du feu jusqu'à 45 °C, puis est maintenue si nécessaire à cette température sur un bain-marie thermostaté

3 ) Le temps de cuisson terminale, c'est à dire le chauffage de la bouillie jusqu'à 85 °C (début d'apparition de bulles en surface), et le maintien à ébullition sous agitation pendant 5 minutes, est le même pour tous les essais.

Pour chacun de ces essais la mesure de la viscosité et de la vitesse d'écoulement est en suite réalisée selon la méthodologie habituelle.

Remarques:

- L'essai "A" n'a pas de précuisson, car il s'agit du protocole opératoire "standard" utilisé depuis le début de notre étude, et qui nous servira ici de référence.
- Les essais C5 et C15, seul le mélange manioc-eau subit une précuisson. La farine de sorgho est ajoutée en fin de précuisson, et le mélange est agité une minute hors du feu avant de décompter le temps d'attente.
- Les essais D5 et D15 la précuisson consiste simplement à porter à ébullition 60 % environ de l'eau nécessaire au mélange. Le mélange de farine manioc-sorgho, dans 40 % de l'eau nécessaire, est ensuite versé dans l'eau à ébullition; et le tout est maintenu encore une minute sur le feu sous agitation avant de décompter le temps d'attente.
- Enfin les essais E5 et E15 n'ont de précuisson, ni de temps d'attente car il s'agit d'une cuisson directe au bain-marie durant 5 et 15 minutes, après avoir atteint la température de 85 °C, en agitant sans cesse.

On peut remarquer (Tableau V), que l'ajout d'un temps d'attente avant la cuisson améliore significativement l'activité amylolytique de la farine de sorgho par rapport au mode opératoire "classique" de l'essai A. Par contre un temps d'attente de 5 minutes semble suffisant, et une attente de 15 minutes n'entraîne pas d'amélioration significative de la viscosité.

L'essai le plus performant est le D5 puisqu'il permet d'atteindre une viscosité de 1.10 Pascal.seconde et une vitesse d'écoulement de 87 mm/30s, contre 5.38 Pascal.seconde et 4 mm/30s pour l'essai témoin A. Soit une diminution de 80 % de la viscosité de la bouillie, et une multiplication par 20 de sa vitesse d'écoulement par rapport au protocole témoin A.

Ces résultats sont repris sur la figure 8 qui donne la viscosité de la bouillie pour chaque mode de préparation décrit, et la figure 9 qui montre les modifications de la vitesse d'écoulement.

Le mode opératoire à promouvoir sera donc le suivant:

- Faire bouillir 110 ml d'eau.
- Diluer 63 g de mélange manioc-sorgho dans 80 ml d'eau.
- Verser le mélange dans l'eau bouillante, et laisser sur le feu 1 minute en agitant.
- Retirer du feu et laisser reposer 5 minutes.
- Reprendre la cuisson durant 5 minutes à partir du début d'ébullition (85°C).

Ce mode opératoire présente un double avantage:

Il est très proche de celui utilisé couramment par les mamans Africaines pour préparer la bouillie de poto-poto, et sera donc plus facilement accepté.

Les bons résultats obtenus par ce mode opératoire devraient nous permettre pour obtenir une viscosité optimale de 2 Pascal.seconde, d'améliorer encore la densité énergétique de la bouillie jusqu'à environ 120 kcal/100g, en augmentant la concentration des bouillies aux alentours de 30 % en matière sèche.

## CONCLUSION

Au cours de ce travail, nous avons pu montrer que la combinaison manioc-sorgho malté, qui n'avait pas été étudiée jusqu'à présent, permet d'obtenir des résultats intéressants pour l'augmentation de la densité énergétique des bouillies de sevrage.

De plus le maltage du sorgho peut être réalisé dans des conditions extrêmement simples, tout en obtenant une activité amylasique satisfaisante. Et un taux d'incorporation de 10 % seulement permet de doubler la densité énergétique des bouillies de manioc par rapport aux préparations traditionnelles.

Pour une maman donnant trois bouillies à son enfant par jour, il lui faudra disposer de 210 g de farine manioc à 10 % de sorgho. Soit environ 20 g de farine de sorgho malté par jour, et approximativement 600 g par mois. Ainsi la réalisation d'un maltage par mois devrait suffire, ce qui ne devrait pas représenter une charge de travail supplémentaire trop importante.

Cependant un des principaux reproches faits à l'encontre du sorgho reste sa teneur élevée en tanins, en facteurs antinutritionnels, et son enrichissement en acide cyanhydrique lors de la germination. Certes ces problèmes restent posés, mais ils deviennent moins aiguës du fait du faible taux d'incorporation de sorgho malté que nous avons retenu.

Néanmoins des recherches complémentaires restent nécessaires pour sélectionner des variétés de sorgho plus performantes, c'est à dire pauvres en tanins et en facteurs antinutritionnels. Et présentant une activité amylasique plus forte après maltage ce qui pourrait permettre de réduire encore le taux d'incorporation de farine de sorgho malté, et donc de diminuer d'autant la charge de travail qui incombera aux ménages.

De plus, si la bouillie manioc-sorgho malté est une solution intéressante en ce qui concerne de la densité énergétique, elle ne résout pas le problème liée au mauvais équilibre nutritionnel des farines de manioc. Pour cela il serait intéressant de poursuivre l'étude d'un mélange complété avec de la farine de soja pour assurer un apport satisfaisant en protéines et en lipides.

Dans tous les cas cette voie semble très prometteuse, car comme nous l'avons vu elle permet d'obtenir des résultats très satisfaisants sur l'augmentation de la densité énergétique des bouillies, tout en restant d'une technologie suffisamment simple pour être facilement transférable au niveau des ménages.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 DADA O.L, DENDY D. A. V, 1987.  
Preliminary study of effect of various processing techniques on the cyanide content of germinated sorghum.  
Trop. Sci, N° 27, 101-104.
- 2 DEYOE C. W, ROBINSON R. J, 1979.  
Sorghum and pearl millet foods.  
Tropical Foods, Vol 1, Academic Press. Inc.
- 3 GOPALDAS T, 1984.  
Concept of amylase rich food (ARF) and it's role in infant feeding and growth.  
Proc. 14 th Int. Congress of Nutr, Séoul.
- 4 GOPALDAS T, MEHTA P, JOHN C, 1987.  
La réduction du volume des gruaux de sevrage traditionnels en Inde.  
Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1978, IDRC-265f, 375-385.
- 5 GOPASDAS T, DESHPANDE S, CHINNAMMA J, 1986.  
Studies on wheat-based amylase-rich food.  
Food Nutr. Bull, Vol 10, 55-59.
- 6 KINGAMKONO R. P, 1987.  
L'effet de la consistance des aliments sur l'apport nutritif chez les jeunes enfants.  
Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1978, IDRC-265f, 354-364.
- 7 LUHILA F, CHIPULU P, 1987.  
La mise au point d'aliments de de sevrage de haute valeur calorique et de faible volume en Zambie.  
Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1978, IDRC-265f, 365-374.
- 8 MOSHA A. C, LORRI W. S. M, 1987.  
Les produits de sevrage à forte valeur nutritive faits de céréales germées.  
Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1978, IDRC-265f, 327-340.

- 9 OKEIYI E. C, FUTRELL M. F, 1983.  
Evaluation of protein quality of formulations sorghum grain flour and legume seeds  
Nutr. Rept. Int, Vol 28, N° 3, 451-461.
- 10 PRICE M.L, BUTLER L.G, FEATHERSTON W.R, ROGLER J.C, 1978.  
Détoxification of high tannin sorghum grain.  
Nutr. Rept. Int, Vol 17, N° 2, 229-236.
- 11 PUSHPAMMA P, DEVI C. A, 1979.  
Nutritional quality of sorghum and legume based food mixture for infants and pre-school children I.  
Nutr. Rept. Int, Vol 19, N° 5, 635-641.
- 12 PUSHPAMMA P, RATNAKUMARI A, GEERVANI P, 1979.  
Nutritional quality of sorghum and legume based food mixture for infants and pre-school children II.  
Nutr. Rept. Int, Vol 19, N° 5, 643-648.
- 13 RAMAKAVELO M, 1987.  
Les produits de sevrage au Rwanda et les possibilités du sorgho germé.  
Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1987, IDRC-265f, 102-109.
- 14 REICHERT R. D, FLEMING S. E, SCHWAB D. J, 1980  
Tannin deactivation and nutritional improvement of sorghum by anaerobic storage of H<sub>2</sub>O-, HCl-, or NaOH- treated grain.  
Agric. Food Chem, Vol 28, N° 4, 824-829.
- 15 SVANBERG U, 1987.  
Le gros volume alimentaire des produits de sevrage et son effet sur l'apport énergétique et nutritionnel.  
Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1978, IDRC-265f, 310-326.
- 16 SVANBERG U. S. O, FREDRIKZON B, GEBRE-HIWOT B, TADDESSE W. W, 1987.  
Sorghum in a mixed diet for preschool children 1. Good acceptability with and without simple reduction of dietary bulk.  
J. Trop. Ped, Vol 33, 181-185.

TABLEAU I

PRINCIPAUX MODES D'UTILISATION DU SORGHO MALTE  
DANS LES BOUILLIES DE SEVRAGE

INCORPORATION EN %	DENSITE ENERGETIQUE	COMPOSITION DE LA BOUILLIE	AUTEURS (année - pays)
8 %	25 % MS	Farines de sorgho	Gopaldas (1987 - Inde)
5 % 100 %	1.2 kcal/g 20 - 25 % MS	Mélange "fafa" - sorgho Sorgho malté " Pur "	Svanberg (1987 - Ethiopie)
23 %	27 %	Farine de céréales locales	Kingamkono (1987 - Tanzanie)
5 %	15 % MS	Farine de Sorgho et Maïs	Mosha (1987 - Tanzanie)
10 %		Farines de Sorgho, Maïs, et Millet	Luhila (1987 - Zambie)

TABLEAU II

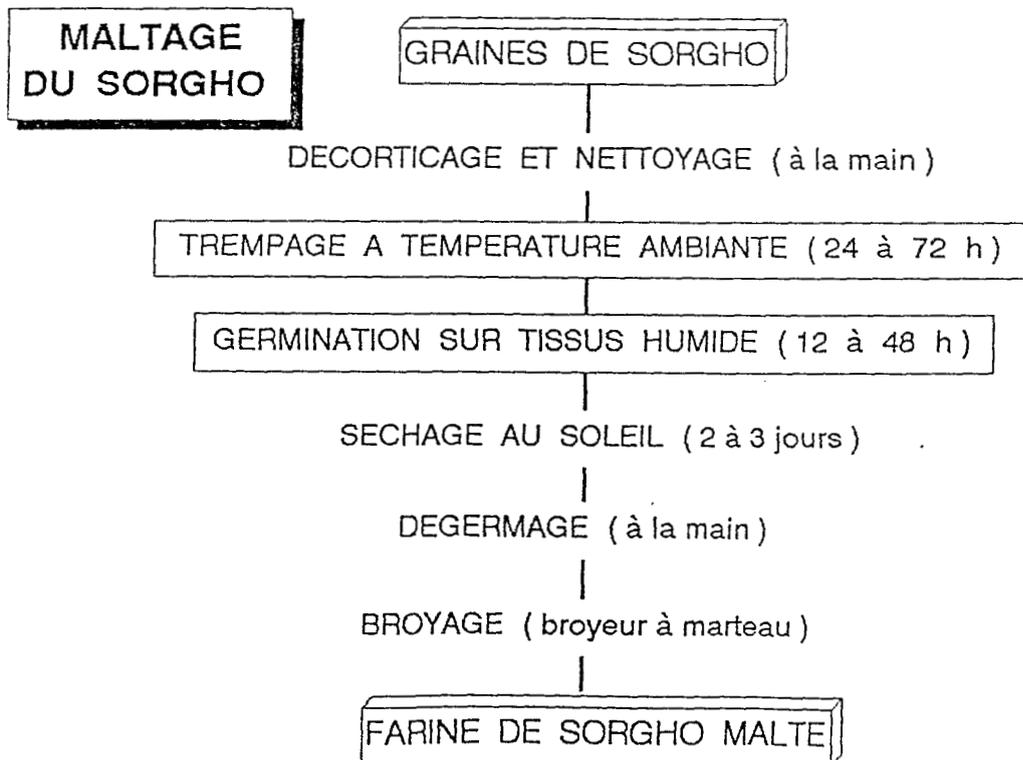


TABLEAU III

## CHOIX DES CONDITIONS DE MALTAGE DU SORGHO

DUREE DE TREMPAGE	DUREE DE GERMINATION	BOUILLIE MANIOC / SORGHO (90/10)	
		Viscosité Pa . s	Ecoulement mm/30
24 h	24 h	2.18	75
24 h	48 h	1.45	106
48 h	12 h	1.75	93
72 h	12 h	3.26	37

TABLEAU IV

## METHODOLOGIE DES MESURES EFFECTUEES SUR LES BOUILLIES

MELANGE FARINE - EAU ( poids total 250 g)

↓  
CHAUFFAGE JUSQU ' A 85 DEGRES↓  
CUISSON PENDANT 5 MINUTES↓  
REFROIDISSEMENT JUSQU ' A 45 DEGRES→ MESURE DE LA VISCOSITE ( Haake VT 500 )→ MESURE DE LA VITESSE D'ECOULEMENT ( Polyvisc )

TABLEAU V

## OPTIMISATION DU MODE DE PREPARATION DES BOUILLIES

ai	Précuisson : température atteinte	Attente avant cuisson terminale	Durée de cuisson terminale	Viscosité (Pa . s)	Vitesse d' écoulement (mm/30s)
			5 mn	5.38	4
	65 degrés (mélange)	5 mn 15 mn	5 mn	2.47 2.73	53 49
	85 degrés (manioc)	ajout sorgho   5 mn 15 mn	5 mn	2.40 1.86	26 29
	100 degrés (eau seule)	ajout mélange   5 mn 15 mn	5 mn	1.10 1.17	87 86
			5 mn 15 mn bain-marie	2.38 2.91	51 54

FIGURE 1

Relation entre la viscosité et la vitesse d'écoulement de bouillies traitées enzymatiquement de différentes concentrations (29 U/100 g MS)

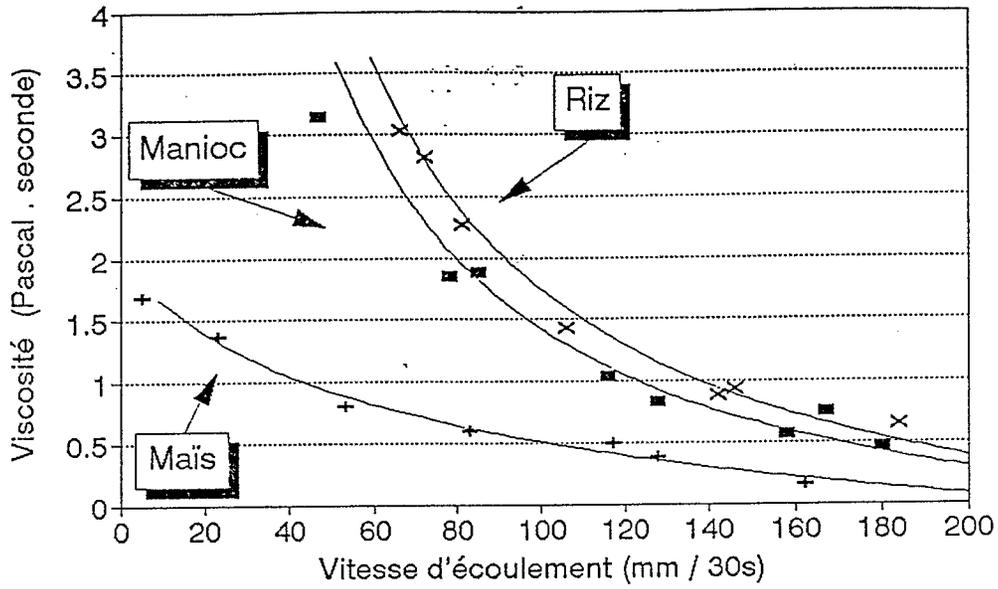


FIGURE 2

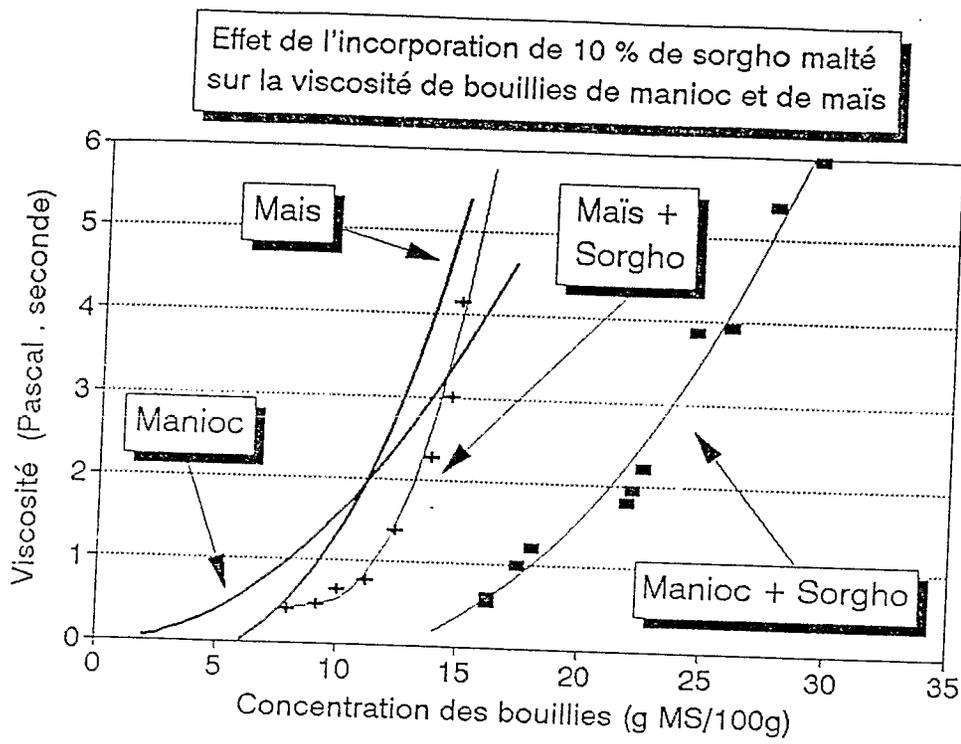


FIGURE 3

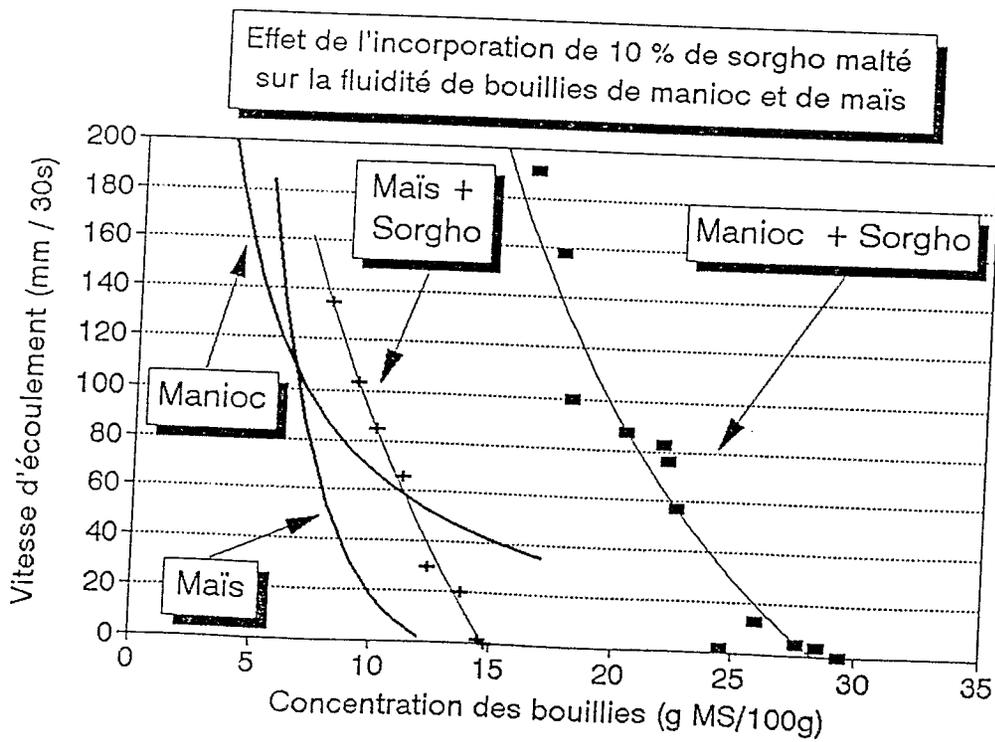


FIGURE 4

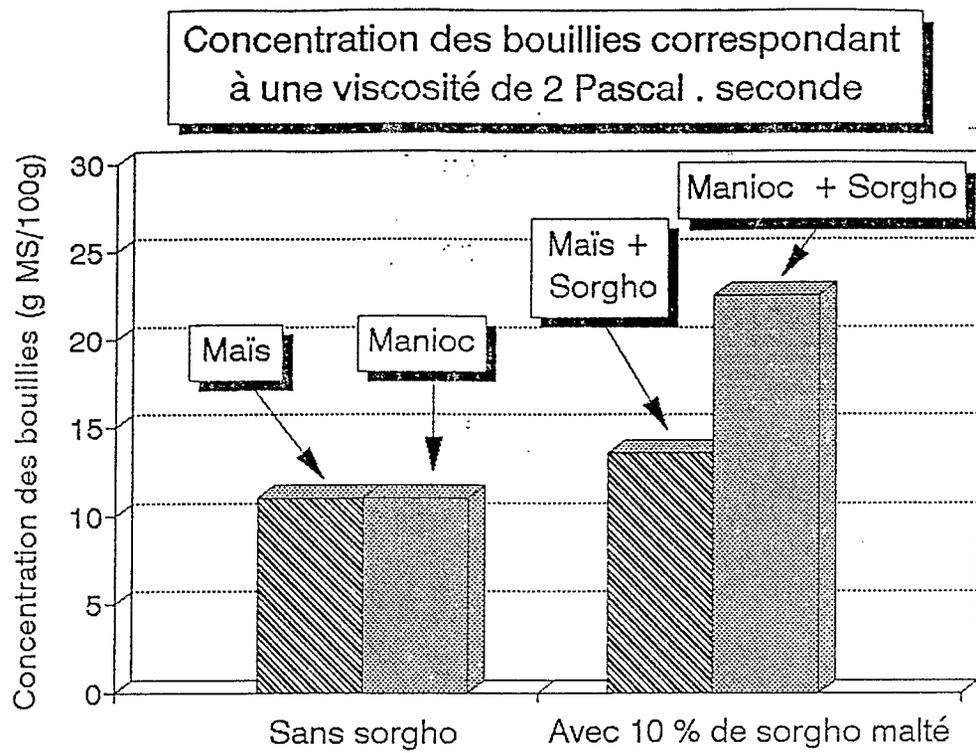


FIGURE 5

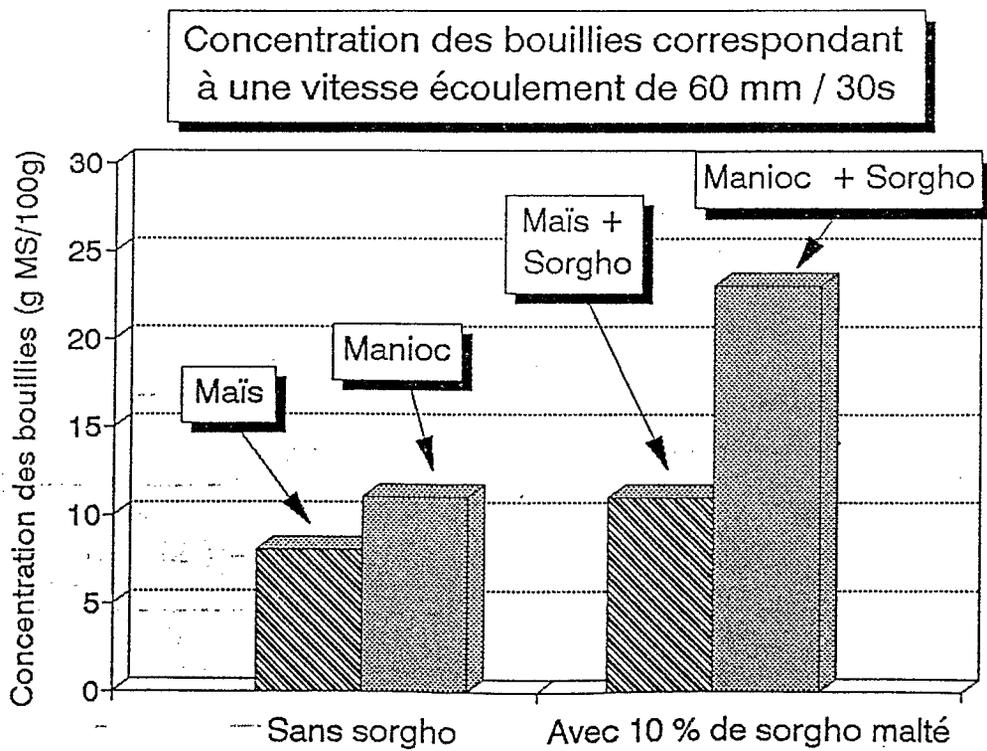


FIGURE 6

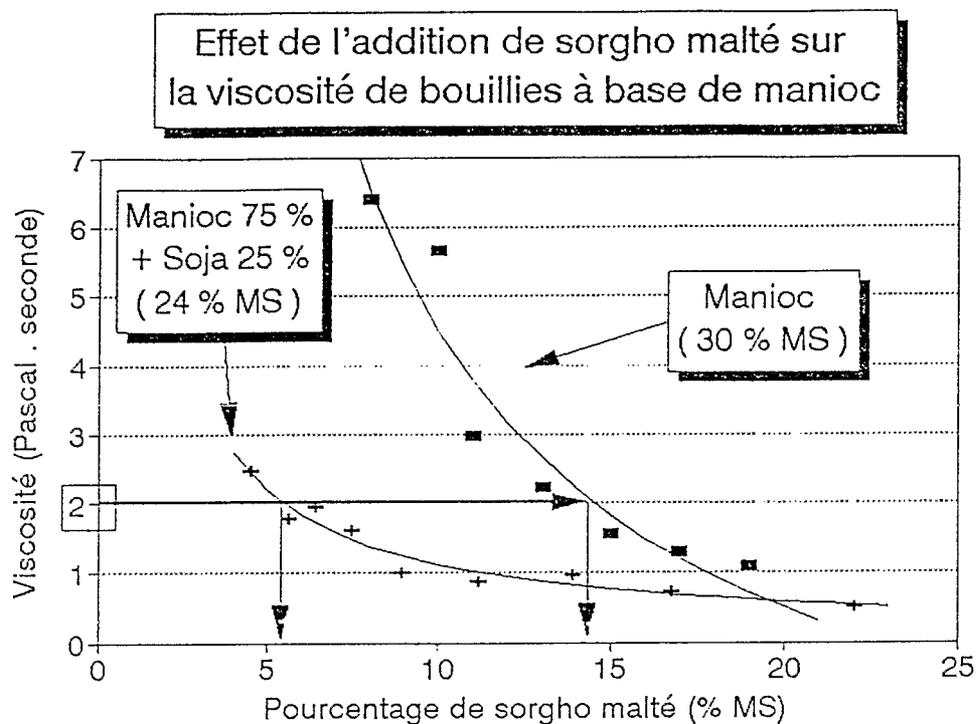


FIGURE 7

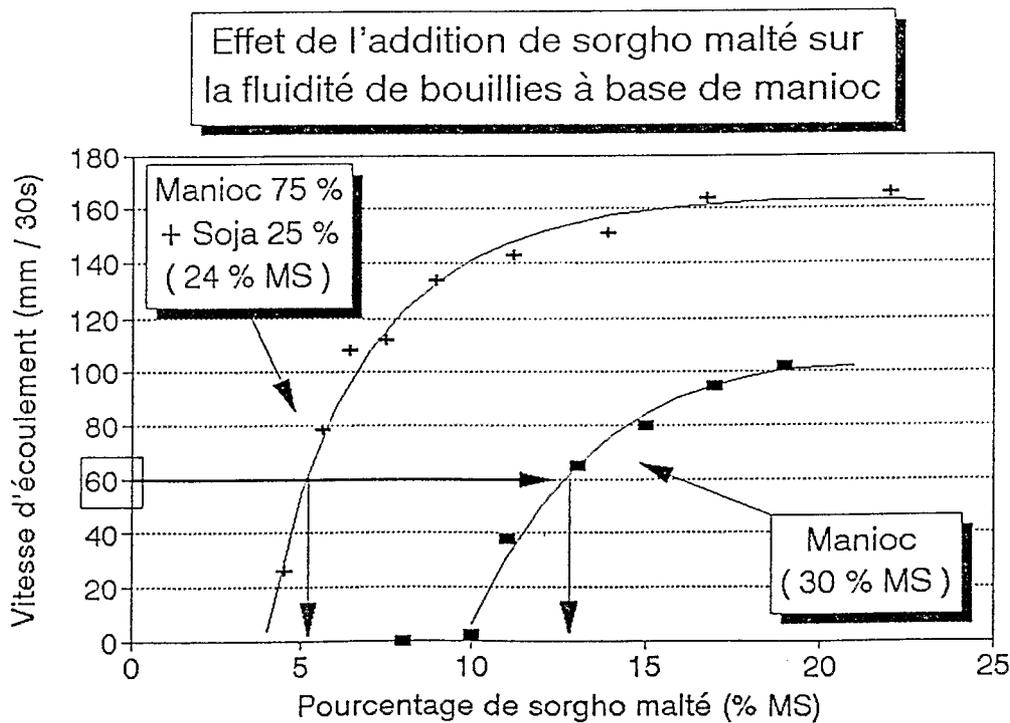


FIGURE 8

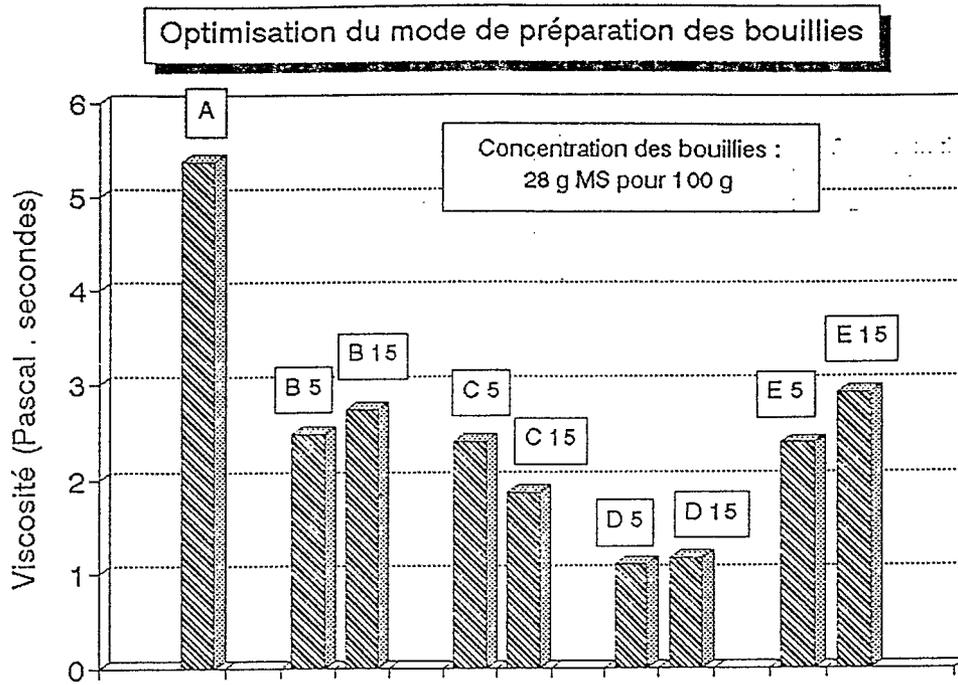


FIGURE 9

