

UTILISATION D'ENZYMES PRODUITES INDUSTRIELLEMENT
POUR L'AMELIORATION DE LA DENSITE ENERGETIQUE
DES BOUILLIES DE SEVRAGE

Serge TRECHE et Philippe GIAMARCHI

INTRODUCTION:

De nombreux travaux ont démontré les possibilités d'amélioration de la densité énergétique des bouillies par l'incorporation dans les farines de sources d' α -amylases végétales, en particulier des farines de céréales germées (DESIKACHAR, 1980; MOSHA et SVANBERG, 1983; SVANBERG, 1987; GOPALDAS et al., 1988, 1989; GOPALDAS, 1989) et par la fermentation préalable des produits utilisés pour la préparation des bouillies (BROWN et al., 1989; MLINGI, 1989; TOMKINS et al., 1989). Ces procédés qui ont l'avantage d'être à la portée des ménages présentent, néanmoins, les inconvénients de demander un temps de préparation relativement important, d'être d'une efficacité parfois limitée et de poser des problèmes de reproductibilité ou de contrôle de qualité.

Ces constatations nous ont amené à rechercher d'autres sources d' α -amylases qui tout en garantissant l'innocuité des produits permettraient, avec moins de contraintes, une amélioration substantielle de la densité énergétique des bouillies.

Dans un premier temps, nous avons comparé les possibilités offertes par les enzymes produites à grande échelle pour l'industrie agro-alimentaire. Dans la gamme de l'un des plus gros fabricants européens (Novo Industrie S.A.), trois endo-amylases ont retenu notre attention (tableau 1): elles ont en commun d'être de qualité alimentaire et de dégrader l'amidon en dextrines et en oligosaccharides; leurs zones d'activité en fonction du pH, bien que différentes, couvrent les valeurs habituellement obtenus pour des mélanges de farines à base de céréales, de tubercules ou de légumineuses et n'imposent pas une sélection a priori.

La termamyl produite par Bacillus licheniformis a la particularité d'avoir une activité optimale à des températures supérieures à 90°C; elle pourrait donc agir sur des substrats portés très rapidement à des températures élevées comme c'est le cas dans la plupart des préparations traditionnelles congolaises où les farines ou les pâtes, mises en suspension dans de l'eau froide, sont directement versées dans de l'eau bouillante. Son utilisation a néanmoins été écartée, d'une part, parce qu'elle n'est commercialisée que sous forme liquide ce qui pose des problèmes au niveau de son incorporation dans les farines et, d'autre part, parce que n'étant pas inactivée pendant la cuisson, elle ne permettrait pas d'obtenir des produits dont la consistance serait indépendante de la durée de refroidissement.

La fungamyl produite par Aspergillus flavus et commercialisée sous forme liquide, de poudre ou de microgranulés a une activité optimale à des températures proches de 55°C, inférieures à la température de gélatinisation de l'amidon de la plupart des produits de base susceptibles d'être incorporés dans les farines de sevrage (DELPEUCH et FAVIER, 1980). Une utilisation efficace nécessiterait donc un traitement hydrothermique des farines préalable à l'incorporation des enzymes (THIBAUT et COLONNA, 1986) ce qui suppose que les farines soient pré-gélatinisées avant séchage ou que les enzymes soient incorporées après cuisson au moment de la préparation des bouillies.

14 SEP. 1994

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

N° : 40144

Cote : B

ex 1

La BAN, produite par Bacillus subtilis et commercialisée sous forme liquide ou de microgranulés a une activité optimale à 72°C. Son incorporation dans les farines de sevrage permettrait donc une dégradation partielle de l'amidon au moment de la cuisson entre 60°C, température de début de gélatinisation de la plupart des amidons, et 85°C, température à partir de laquelle elle est inactivée.

Notre exposé a pour objectif de préciser les modalités d'utilisation de la BAN dans des farines simples ou mélangées disponibles localement au Congo.

MATERIELS ET METHODES:

1. Matériels.

Les farines de manioc, de maïs, de riz, de soja et de haricot ont été préparées à partir de produits commercialisés sur les marchés. A l'exception du riz, tous les produits ont été cultivés au Congo.

Les farines ont été obtenues par passage dans un broyeur à marteaux puis tamisage dans un tamis à maille de 0,5mm à partir de cossettes séchées pour le manioc, de grains entier pour le maïs, de grains décortiqués pour le riz et de graines dépelliculées et torréfiées pour le soja et le haricot.

Les farines mélangées ont la composition suivante: manioc/soja (65% de manioc, 27% de soja, 8% de sucre); manioc/haricot (57% de manioc, 35% de haricot, 8% de sucre).

L' α -amylase utilisée dans la totalité des essais est la BAN (Amylase Bactérienne Novo) produite par NOVO NORDISK BIOINDUSTRIE S.A. (14 avenue des olympiades - 94134 - Fontenay sous bois - France) sous la forme microgranulée dont quelques caractéristiques commerciales sont données dans le tableau 2.

2. Méthodes.

2.1. Mode de préparation des bouillies.

La quantité désirée d'enzyme, mesurée par rapport à la matière sèche et exprimée en unités d'amylase (1 unité = 1 Kilo unité Novo), a été mélangée aux farines, avant préparation des bouillies, à l'aide d'une spatule.

Les bouillies ont été préparées en chauffant dans une petite casserole la farine, préalablement mise en suspension dans de l'eau froide (masse de l'ensemble farine + eau: 250g).

Sauf lors de l'étude de l'influence de la vitesse de chauffage, la source de chaleur a été une plaque électrique de 1500 Watts dans sa position de chauffe maximale.

Les bouillies étaient maintenues sur la source de chaleur 5mn après avoir dépassé 85°C, température à partir de laquelle de grosses bulles commencent à se former en surface.

Pendant toute la durée de la cuisson, les bouillies étaient remuées de manière standardisée à l'aide d'une cuillère en bois.

Le refroidissement des bouillies s'est fait à température ambiante jusqu'à ce qu'elles atteignent 50°C, température à partir de laquelle la casserole était maintenue dans un bain-marie à 45°C, le temps d'effectuer les mesures.

2.2. Mesure de la concentration des bouillies.

La concentration des bouillies au moment des mesures de consistance a été obtenue en déterminant la perte de poids de prises d'essais d'environ 10g dans une étuve à 104°C pendant 24H.

2.3. Mesure de la consistance des bouillies.

Les travaux antérieurs faisant état de la consistance des bouillies ont le plus souvent utilisé la mesure de la viscosité dynamique (SVANBERG et TAAL, 1985) dans des viscosimètres rotatifs

de marques BROOKFIELD ou HAAKE de différents modèles ce qui rend parfois difficile la comparaison des résultats obtenus.

Nous avons utilisé, pour notre part, deux méthodes pour évaluer la consistance des bouillies: la première, classiquement, utilise un viscosimètre rotatif HAAKE; la seconde mesure la vitesse d'écoulement dans un appareil beaucoup plus simple d'emploi et nettement moins coûteux.

2.3.1. Mesure de la viscosité.

Elle a été réalisée sur les bouillies maintenues à 45 °C grâce à une enceinte thermostatée à l'aide d'un viscosimètre rotatif HAAKE VT500 muni d'un dispositif de mesure SV-DIN à une vitesse de rotation de 64,5 tours par minute (position 6).

Pour chaque bouillie, la lecture a été réalisée après 10mn de fonctionnement du viscosimètre de façon après que les valeurs affichées se soient stabilisées.

2.3.2. Mesure de la vitesse d'écoulement.

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

2.3.3. Relation entre viscosité et vitesse d'écoulement.

Les mesures effectuées pour différents types de bouillies mettent en évidence, pour chaque farine, une relation curviligne entre les mesures de viscosité et celles de vitesse d'écoulement. Nous envisagerons, néanmoins, les effets des traitements enzymatiques simultanément sur les deux paramètres car, d'une part, cette relation est très variable d'un type de bouillie à un autre qu'elles aient subi (figure 1) ou non (GIAMARCHI et TRECHE, 1991) un traitement enzymatique et, d'autre part, il n'a pas encore été clairement établi si les enfants et leurs mères étaient davantage sensibles aux caractéristiques que l'on peut estimer par les mesures de viscosité ou à celles que l'on évalue par la vitesse d'écoulement.

RESULTATS:

Nous examinerons successivement l'effet de la quantité d'enzymes introduite sur la consistance des bouillies, l'influence de l'introduction d'une quantité donnée d'enzyme sur les relations liant la viscosité et la vitesse d'écoulement à la concentration des bouillies, les principaux facteurs influant sur l'efficacité de l'enzyme et nous nous efforcerons de préciser certaines conditions d'utilisation.

1. Effet de la quantité d'enzymes introduite sur la consistance des bouillies.

Les variations de viscosité et de vitesse d'écoulement avec la quantité d'enzymes incorporée ont été mesurées sur une farine de manioc préparée à une concentration de 30g MS pour 100g de bouillie.

On constate une forte diminution de la viscosité lorsque l'on passe de 5 à 10 unités d'enzymes pour 100 g de matière sèche, mais les variations deviennent plus faibles lorsqu'on augmente les quantités introduites jusqu'à 25 unités (figure 2).

Simultanément, la vitesse d'écoulement augmente de 0 à 80 mm/30s lorsqu'on passe de 5 à 10 unités et atteint 120 pour 25 unités d'enzymes introduites (figure 3).

2. Effet de l'enzyme sur les relations liant la viscosité et la vitesse d'écoulement à la concentration des bouillies.

L'introduction de quantités modérées d'enzymes (29 unités soit 36 mg pour 100g de matière sèche) permet de préparer des bouillies qui, à viscosité ou à vitesse d'écoulement égales, ont des concentrations nettement plus élevées que les bouillies sans enzyme.

Si l'on se réfère à la viscosité, les concentrations peuvent être multipliées par 3 pour le manioc (Figure 4), et par environ 2,5 pour le riz (figure 5). Pour le maïs, l'effet est plus faible et il faut ajouter 5 fois plus d'enzymes pour pouvoir multiplier par 3 les concentrations (figure 6).

L'effet sur la vitesse d'écoulement est, pour certaines farines, encore plus important puisque l'introduction d'enzymes dans la farine de riz fait passer de 7 à 30g MS pour 100g la concentration correspondant à une vitesse d'écoulement de 60mm/30s (figure 7).

Dans tous les cas, l'introduction d'enzymes permet, à consistance égale, une amélioration notable de la concentration donc de la densité énergétique des bouillies.

3. Principaux facteurs influençant l'efficacité de l'enzyme.

Nous examinerons successivement l'influence de l'origine botanique de la source énergétique principale, de la nature des sources protéiques et de la vitesse de cuisson.

3.1. Origine botanique de la source énergétique.

Si l'on compare les effets de l'introduction de 29 unités d'enzymes sur les relations entre viscosité et concentration observées pour différentes bouillies, on observe que l'efficacité de l'enzyme dépend largement de l'origine botanique de la farine (figure 8).

L'amélioration obtenue pour la bouillie de riz et surtout celle de manioc est nettement plus importante que celle enregistrée pour la bouillie de maïs. Ceci apparaît clairement lorsque l'on compare les concentrations correspondants à une viscosité de 2 pascal.seconde (figure 9) ou à une vitesse d'écoulement de 60mm/30s (figure 10).

3.2. Nature de la source protéique.

La comparaison des effets de l'introduction de quantité croissante d'enzymes sur la consistance de bouillies manioc/soja et manioc/haricot préparées à une concentration de 30g MS pour 100g de bouillie, montre que pour obtenir des viscosités équivalentes il est nécessaire d'introduire 2 à 3 fois plus d'enzymes dans les farines manioc/haricot que dans les farines manioc/soja (figure 11).

Des différences de comportement encore plus marquées s'observent entre les deux farines au niveau de la vitesse d'écoulement (figure 12).

La présence de près de 50% d'amidon dans les graines de haricot, alors que les graines de soja en sont dépourvues (AYKROYD et DOUGHTY, 1982), est très probablement la cause principale de ces différences.

3.3. Vitesse de cuisson.

Etant donné que l'activité de l'enzyme s'exerce principalement au moment de la cuisson entre environ 65°C, température à laquelle les grains d'amidon de la plupart des espèces sont presque totalement gélatinisés, et 85°C, température à partir de laquelle l'activité de l'enzyme se réduit considérablement, nous avons cherché à mesurer l'influence de la puissance de la source de chaleur au moment de la préparation des bouillies sur leur consistance finale.

Pour cela, nous avons préparé à la concentration de 30g MS/100g, des bouillies de manioc/soja incorporées de 12 unités de BAN pour 100g de MS, en faisant varier la puissance de chauffe de la plaque électrique servant à nos essais et d'un réchaud à pétrole d'un type couramment utilisé par les mères au Congo et nous avons mesuré le temps nécessaire pour passer de 65 à 85°C.

Il ressort que lorsque la vitesse de cuisson passe de 3°C par minute à 10°C par minute la viscosité des bouillies varie de 1 à 2 pascal.seconde (figure 13).

Bien que la vitesse de cuisson influe sur la consistance des bouillies, il semble donc que cet effet ne soit pas suffisamment important pour constituer un obstacle majeur à l'utilisation du procédé.

4. Conditions d'utilisation.

D'autres facteurs susceptibles de s'opposer à l'utilisation de la BAN ont fait l'objet d'études succinctes.

4.1. Valeur du pH des bouillies.

Si la plupart des farines mises en suspension dans l'eau ont un pH voisin de 7, certaines farines, en particulier celles préparées à partir de produits ayant subi une fermentation, ont des pH plus acides.

Une étude récente effectuée au Congo (TRECHE et TCHILOEMBA-POBA, résultats non publiés) montre que si 44% des farines de manioc préparées traditionnellement ont un pH compris entre 5 et 8, 36% ont un pH inférieur à 5 et 20% un pH supérieur à 8.

En acidifiant ou alcalisant artificiellement des suspensions de farine de manioc avec de l'acide chlorhydrique ou de la soude, nous avons donc mesuré l'influence du pH sur la consistance de bouillies de manioc (pH initial: 7,52) incorporées de 29 unités de BAN pour 100g de MS et préparées à la concentration de 27g MS pour 100g de bouillie.

Il ressort que l'effet de l'enzyme sur la consistance des bouillies est pratiquement indépendant du pH lorsque celui-ci se situe entre 5,5 et 9,0. En revanche, pour les pH inférieurs ou supérieurs, l'enzyme a une activité considérablement réduite qui ne lui permet plus d'influer sur la consistance des bouillies (figure 14).

4.2. Durée de stockage.

Un essai commencé en Décembre 90, nous a permis de vérifier que l'activité des enzymes incorporées dans une farine de manioc n'était pas modifiée après 5 mois de stockage dans un sac plastique conservé à la température ambiante.

4.3. Inactivation de l'enzyme en fin de cuisson.

Le fait que les valeurs lues au viscosimètre se stabilisent rapidement au moment de la mesure indique que l'enzyme est inactivée au moment où la bouillie est censée être consommée. Néanmoins, des études sont en cours pour vérifier que 5mn de cuisson au-delà de 85°C sont suffisantes pour inactiver complètement l'enzyme et rendre ainsi son effet indépendant de la vitesse de refroidissement de la bouillie.

CONCLUSION.

L'ensemble des essais réalisés à ce jour confirme la possibilité d'obtenir des bouillies ayant à la fois une densité énergétique et une consistance satisfaisantes en incorporant de la BAN dans différentes farines.

Jusqu'à présent, les études se sont principalement consacrées à la mise au point des modalités d'utilisation dans des farines à base de manioc. L'existence de différences importantes d'efficacité du procédé en fonction de l'origine botanique des sources énergétiques et de la nature des sources protéiques rend nécessaire des travaux complémentaires pour que son utilisation s'étende à d'autres farines.

Certaines limites à l'utilisation du procédé, en particulier le pH des farines, ont déjà été mises en évidence, d'autres (stabilité de l'enzyme après incorporation, inactivation au cours de la cuisson...) nécessitent des recherches complémentaires.

Mais, d'ores et déjà le procédé nous apparaît comme utilisable pour les mélanges manioc/soja et manioc/haricot. Ses avantages principaux résident dans son efficacité, dans son faible coût (120 unités \leftrightarrow 150mg \leftrightarrow 13 Fcfa sont suffisants pour traiter 1kg de mélange manioc/soja) et surtout dans sa commodité d'usage puisque qu'il ne s'accompagne d'aucune contrainte majeure au moment de l'incorporation et ne pose aucune difficulté aux mères à l'occasion de la préparation des bouillies.

La seule limite à son utilisation est que l'incorporation dans les farines nécessite un savoir-faire et un équipement minimum (balance suffisamment précise, mélangeur) qui ne peuvent être réunis que dans des petits ateliers de production.

Des recherches ultérieures visant à l'amélioration de la densité énergétique des bouillies devront donc être consacrées non seulement aux modalités d'utilisation de notre procédé dans les ateliers de production mais aussi à la mise au point d'autres procédés transférables au niveau des ménages.

BIBLIOGRAPHIE

AYKROYD (W.R.), DOUGHTY (J.), 1982 - Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. Etude FAO: Alimentation et Nutrition, n° 20.

BROWN (K.H.), DICKIN (K.L.), BENTLEY (M.E.) et al., 1989 - La consommation de produits de sevrage à base de céréales fermentées dans l'état de Kwara, Nigéria. Dans: Pour améliorer l'alimentation des enfants d'Afrique orientale et australe: une technologie à la portée des ménages, Compte-rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1987, IDRC-265f, pp 208-227.

DELPEUCH (F.) et FAVIER (J.C.), 1980 - Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales: action de l'alpha-amylase, gonflement et solubilité. Ann. Technol. Agric., vol 29, n° 1, pp 53-67.

DESIKACHAR (H.S.R.), 1980 - Development of weaning foods with high caloric density and low hot-paste viscosity using traditional technologies. Food and Nutrition Bulletin, Vol 2, n° 4, pp 21-23.

GIAMARCHI (P.), TRECHE (S.), 1991 - Utilisation de sorgho malté pour améliorer la densité énergétique des bouillies de sevrage à base de manioc. Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique Centrale", Brazzaville.

GOPALDAS (T.), 1989 - Concept of alylase-rich food (ARF) and its role in infant feeding and growth. Proc. 14th Int. Congress of Nutrition, Séoul, Corée.

GOPALDAS (T.), DESHPANDE (S.), JOHN (C.), 1988 - Studies on a wheat-based amylase-rich food. Food and Nutrition Bulletin, vol 10, n° 3, pp 55-59.

GOPALDAS (T.), MEHTA (P.), JOHN (C.), 1989 - La réduction du volume des gruaux de sevrage traditionnels en Inde. Dans: Pour améliorer l'alimentation des enfants d'Afrique orientale et australe: une technologie à la portée des ménages, Compte-rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1987, IDRC-265f, pp 375-385.

MLINGI (N.V.L.), 1989 - La réduction du volume des aliments de sevrage à base de manioc par la fermentation. Dans: Pour améliorer l'alimentation des enfants d'Afrique orientale et australe: une technologie à la portée des ménages, Compte-rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1987, IDRC-265f, pp 239-251.

MOSHA (A.C.), SVANBERG (U.), 1983 - Preparation of weaning foods with high nutrient density using flour of germinated cereals. Food and Nutrition Bulletin, vol 5, n° 2, pp 10-14.

SVANBERG (U.), 1987 - Dietary bulk in weaning food. Thèse, Chalmers University of Technology, Goteborg, Suède.

SVANBERG (U.) et TALL (S.), 1985 - Determination of viscosity - an important dietary bulk aspect of weaning foods. Food Laboratory Newsletter, n° 3, pp 19-20.

THIBAUT (J.F.) et COLONNA (P.), 1986 - Bases moléculaires des phénomènes de gelification des polysaccharides. Dans: Propriétés fonctionnelles des polysaccharides, APRIA, Paris.

TOMKINS (A.), ALNWICK (D.), HAGGERTY (P.), 1989 - L'emploi des produits fermentés pour améliorer l'alimentation des enfants d'Afrique australe et Orientale. Dans: Pour améliorer l'alimentation des enfants d'Afrique orientale et australe: une technologie à la portée des ménages, Compte-rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1987, IDRC-265f, pp 156-192.

TABLEAU 1: COMPARAISON DES CARACTERISTIQUES DE TROIS ALPHA AMYLASES PRODUITES INDUSTRIELLEMENT (1)

	TERMAMYL	FUNGAMYL	B A N
NATURE ET ORIGINE	endo-amylase bactérienne (Bacillus licheniformis)	endo-amylase fongique (Aspergillus orizae)	endo-amylase bactérienne (Bacillus subtilis)
PRODUITS DE DEGRADATION	Dextrines solubles et oligosaccharides	Maltose en cas d'action prolongée	Dextrines de différents DP, oligosaccharides
ACTIVITE EN FONCTION DU pH:			
- optimal	env. 7,0	env. 5,0	env. 6,0
- zone (2)	4 à 8	3,8 à 6,5	4,5 à 7,3
ACTIVITE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE:			
- optimale	92°C	54°C	72°C
- zone (2)	67 à 100°C	37 à 62°C	42 à 85°
TYPE DE PRODUIT	liquide	liquide, poudre ou microgranulé	liquide ou microgranulé
INNOCUITE	Conformes aux spécifications recommandées par FAO/WHO JECFA et FCC pour les enzymes de qualité alimentaire		

(1) par NOVO Industrie A/S, Bagsvaerd, Danemark

(2) zones dans lesquelles l'activité relative est supérieure aux 2/3 de l'activité optimale.

Source: fiches produits éditées par NOVO Enzyme Process Division.

TABLEAU 2: CARACTERISTIQUES DE L'ENZYME UTILISEE.

Nom	: BAN 800 MG (Novo Industries A/S)
Forme	: microgranulé
Activité	: 800 KNU (Kilo-unité Novo) par gramme
Emballage	: fût de 40 Kg
Stockage	: 6 mois à 25°C; plus d'un an à 5°C
Prix	: 171 FF HT par Kg rendu au Congo.

FIGURE 1

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

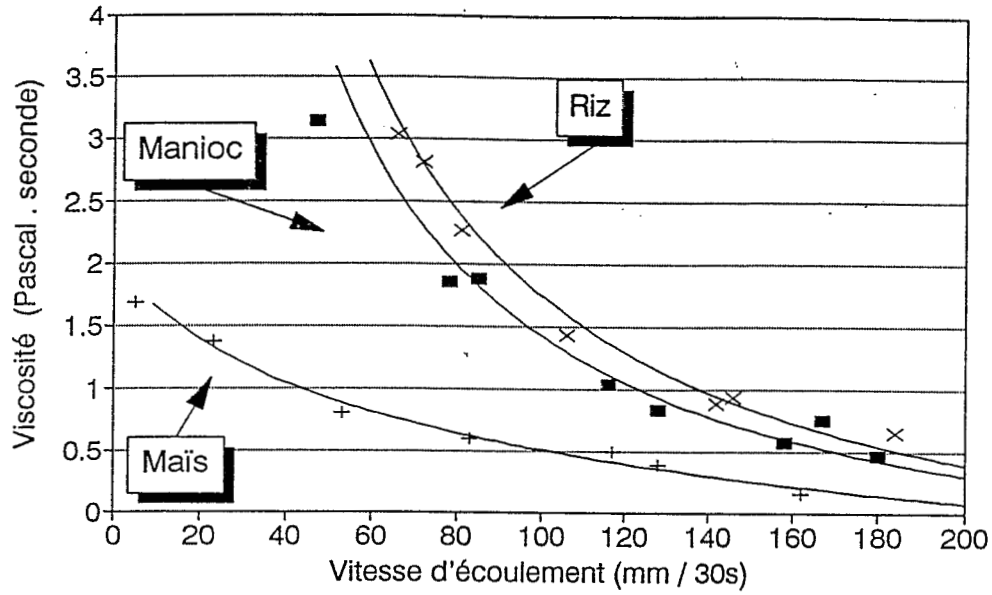


FIGURE 2

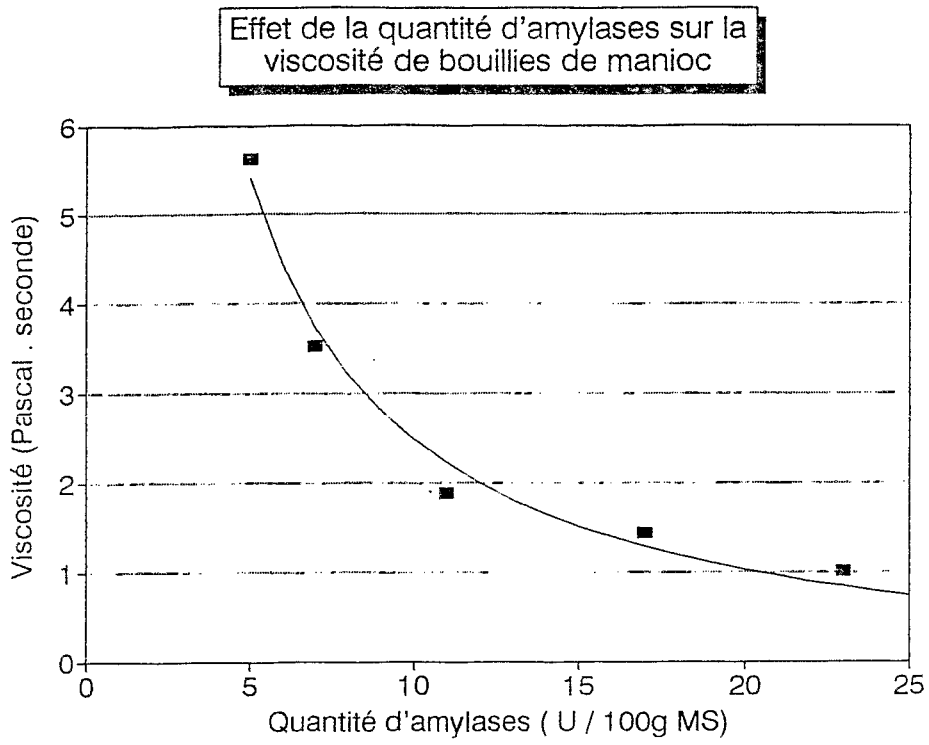


FIGURE 3

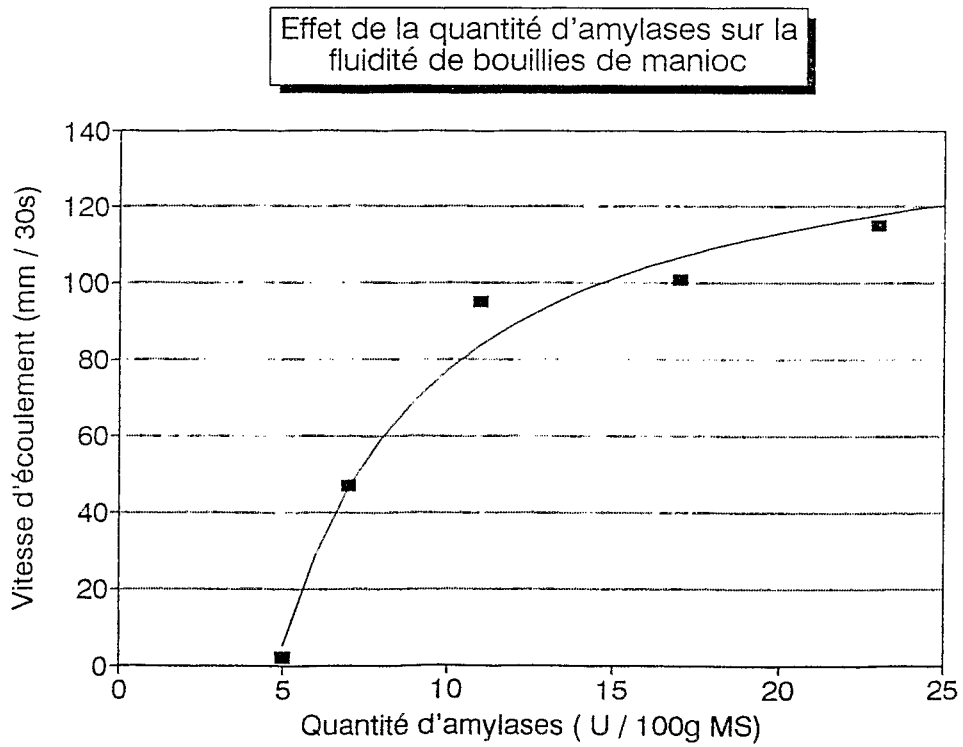


FIGURE 4

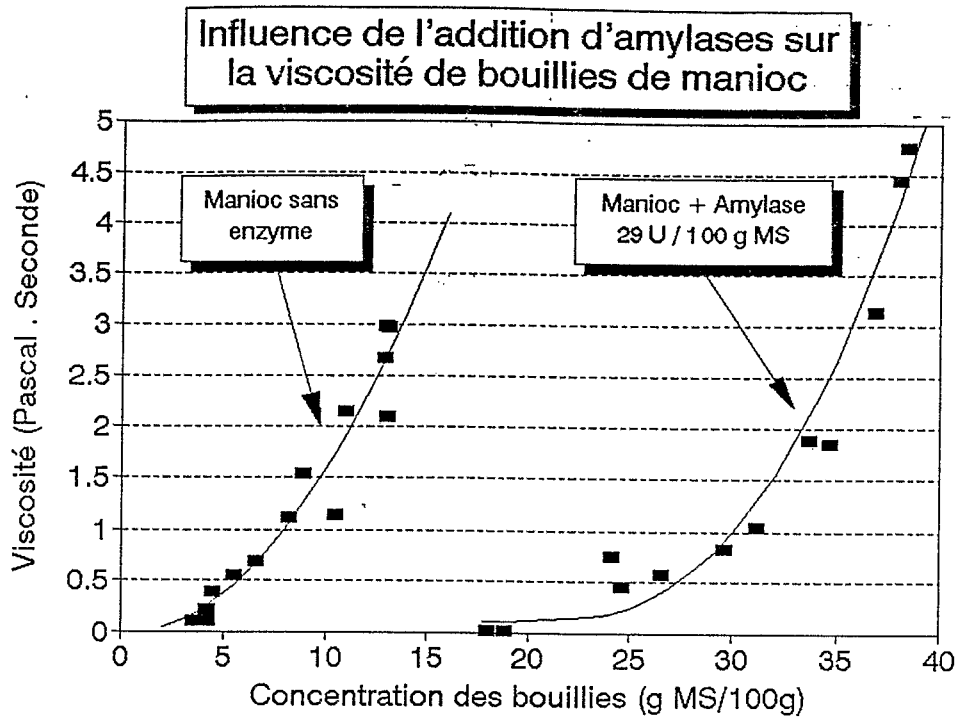


FIGURE 5

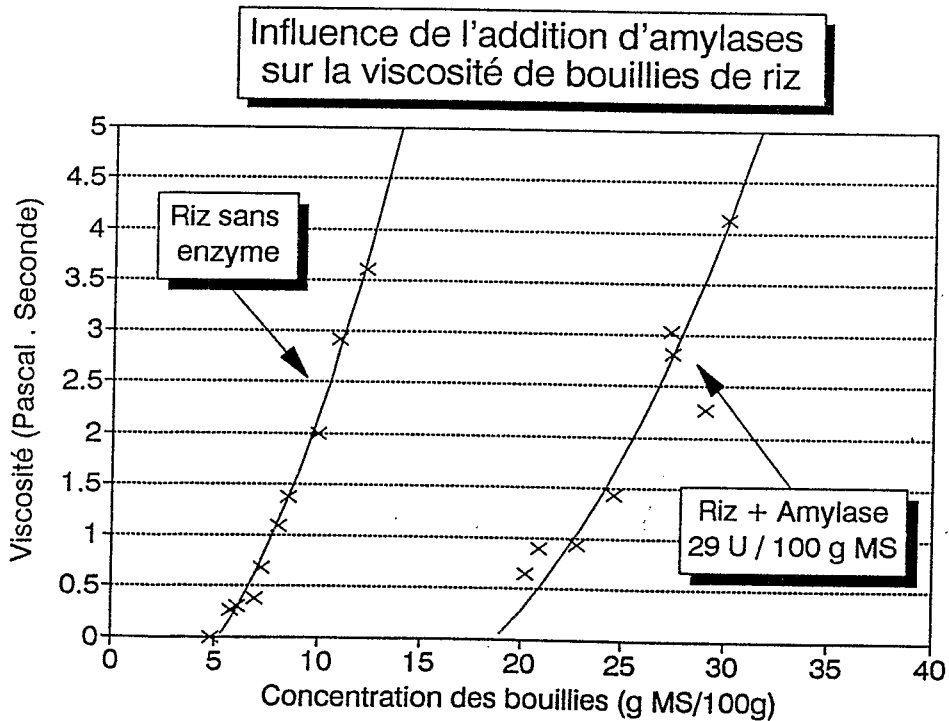


FIGURE 6

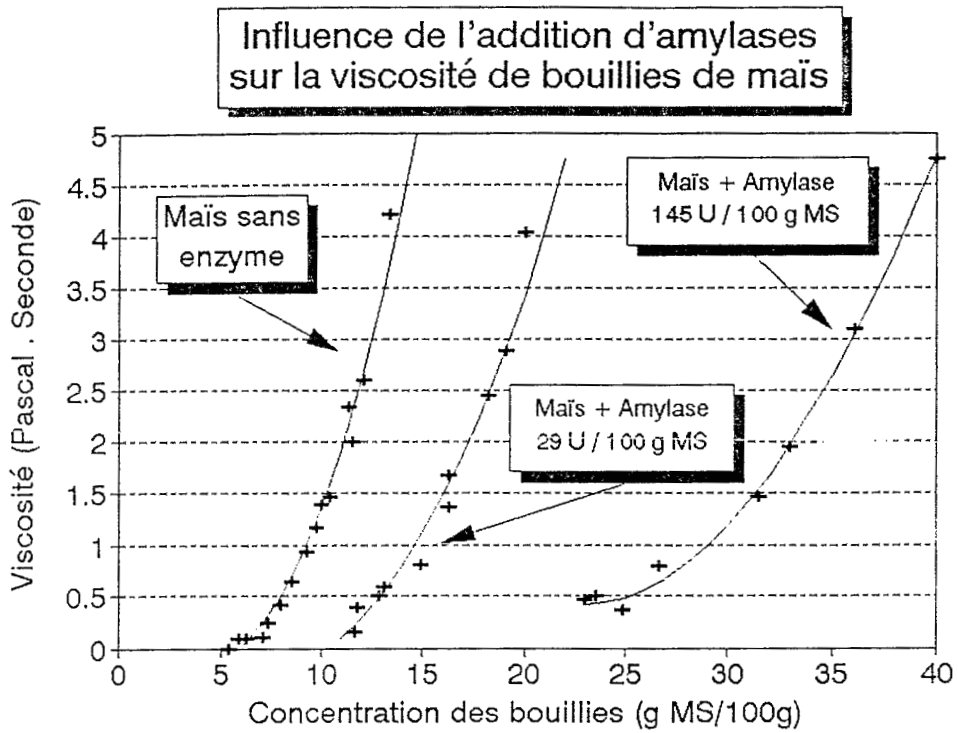


FIGURE 7

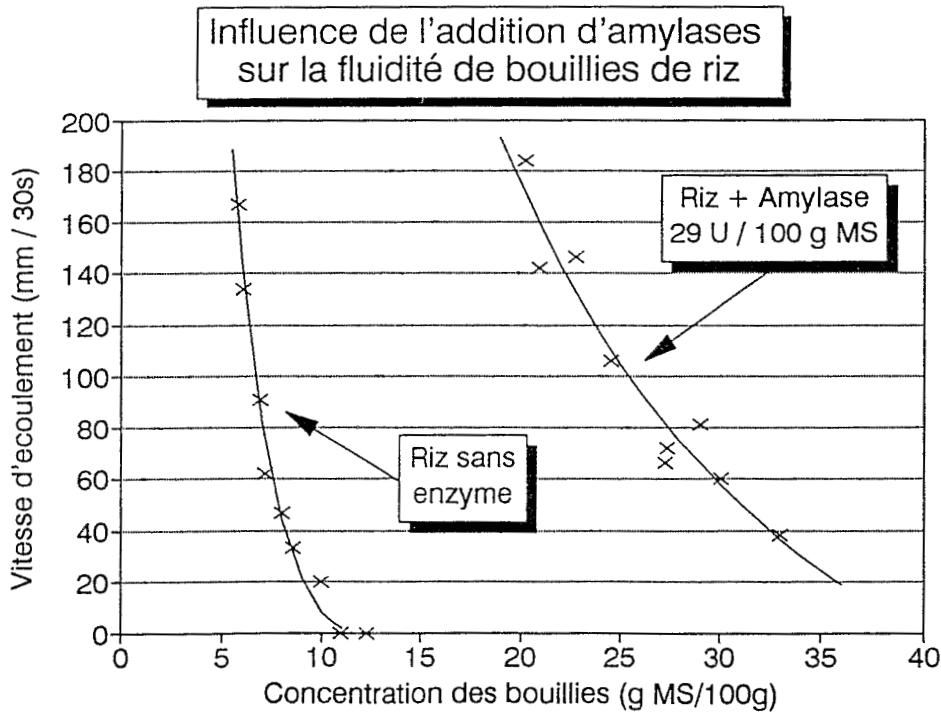


FIGURE 8

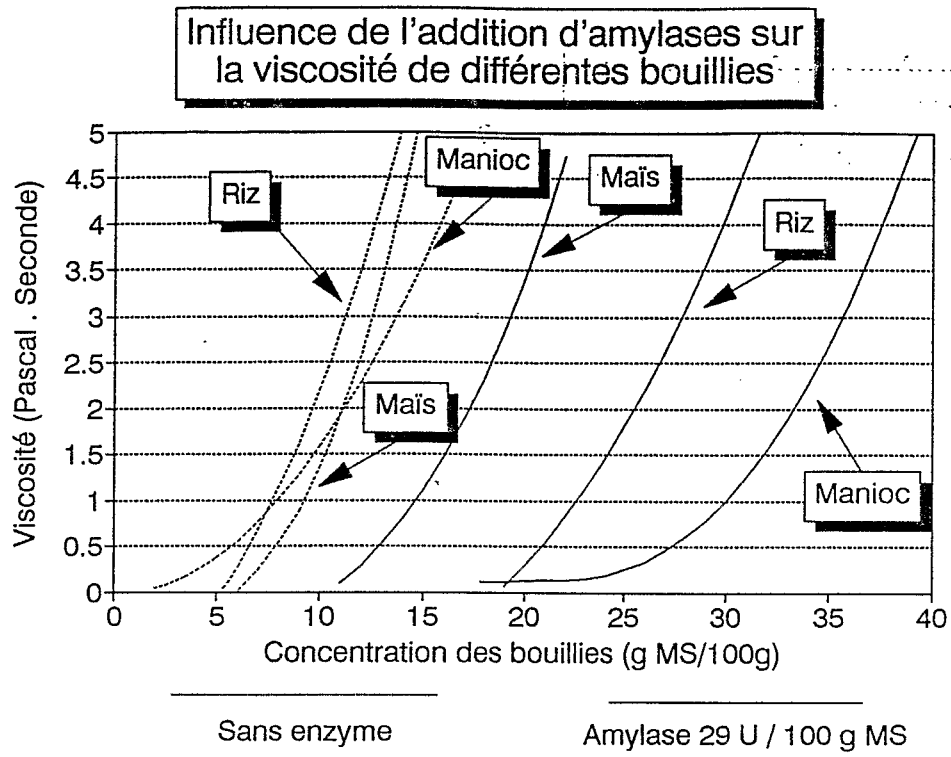


FIGURE 9

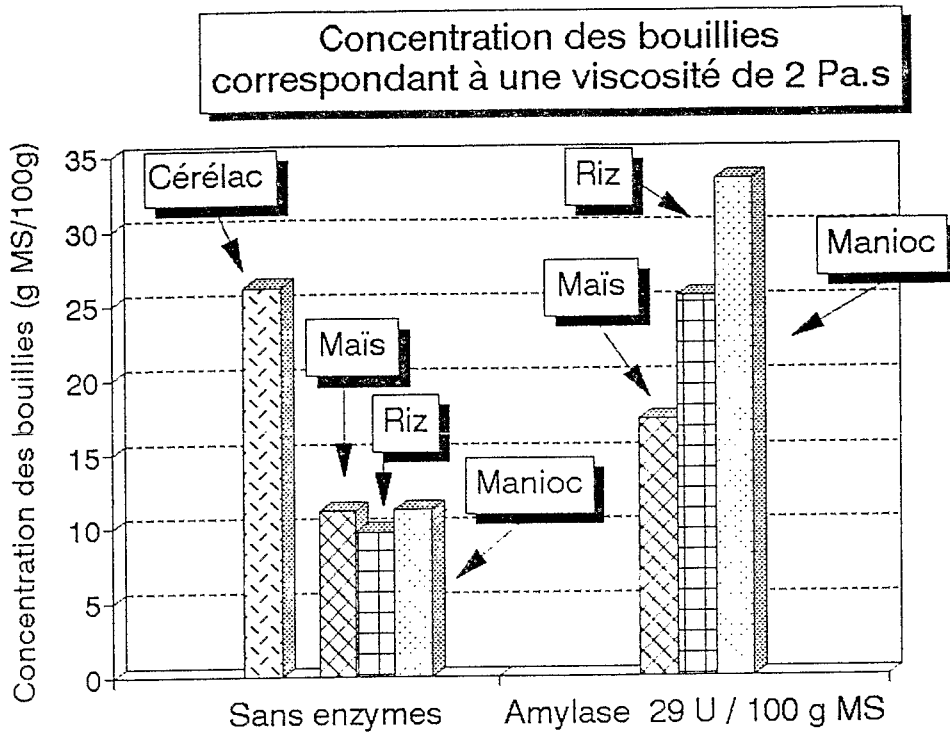


FIGURE 10

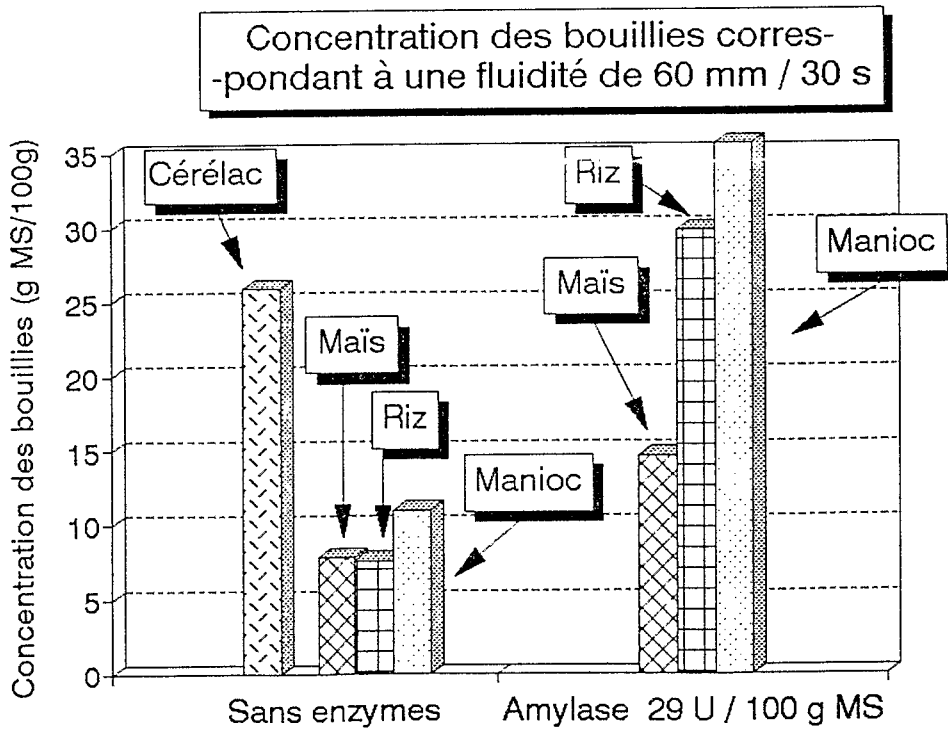


FIGURE 11

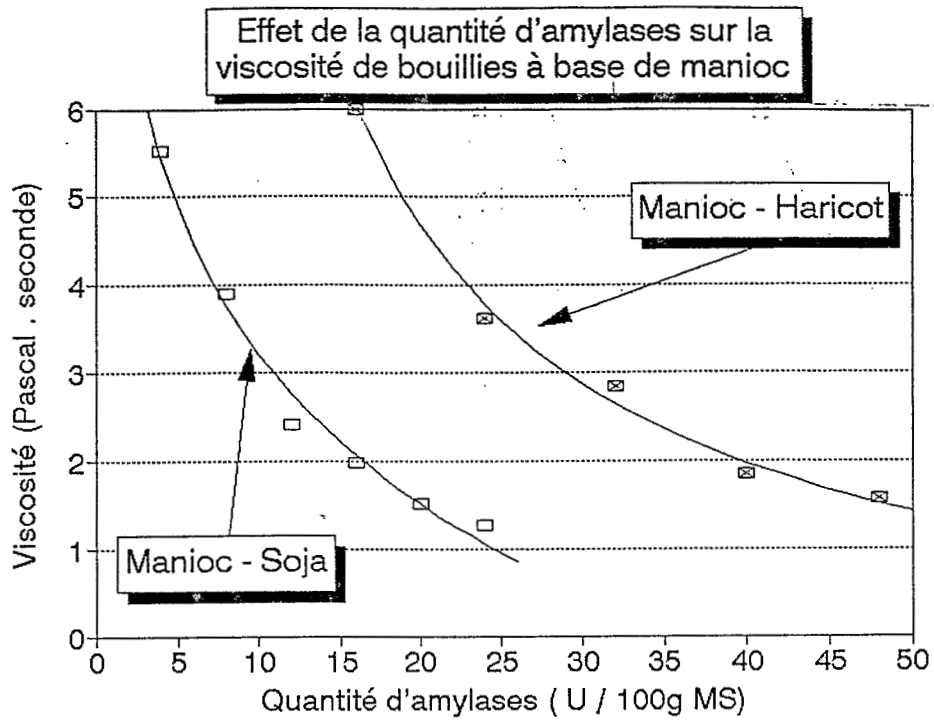


FIGURE 12

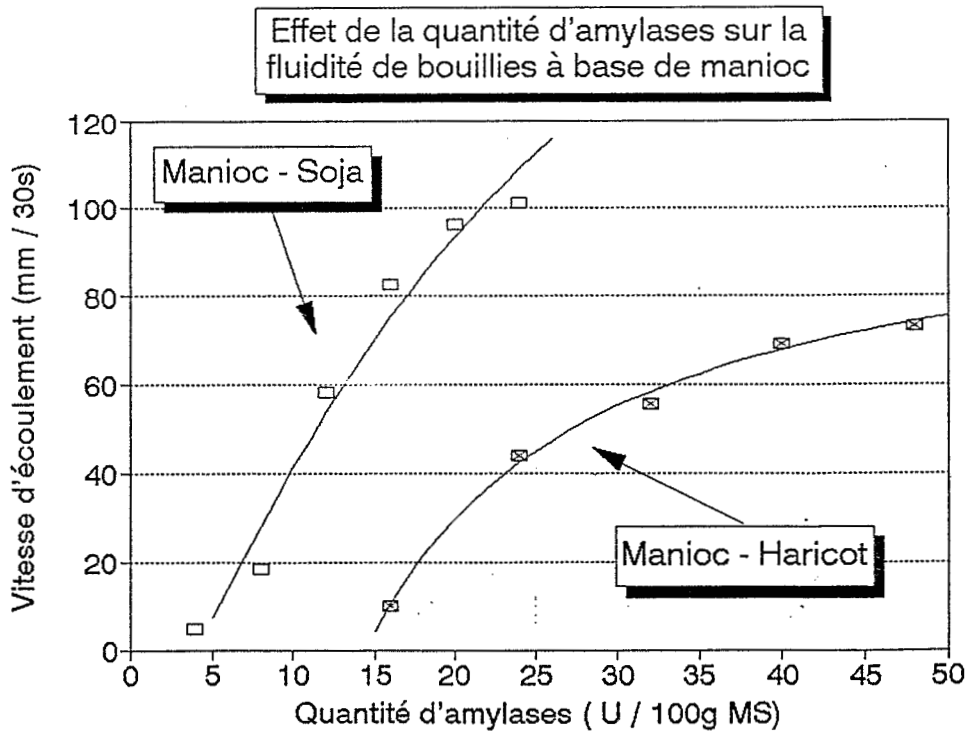


FIGURE 13

Evolution de la viscosité selon la rapidité du chauffage
entre 65 et 85 degrés (bouillie manioc - soja à 12 U / 100g MS)

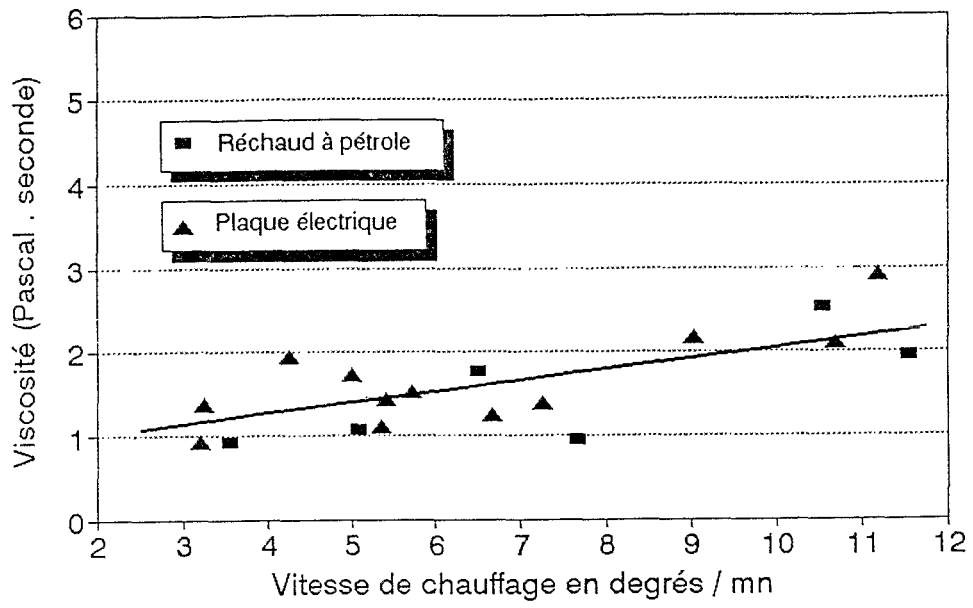
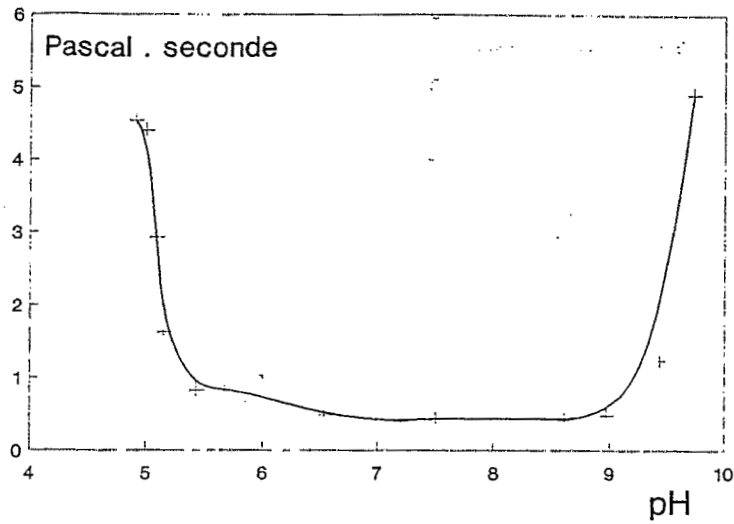
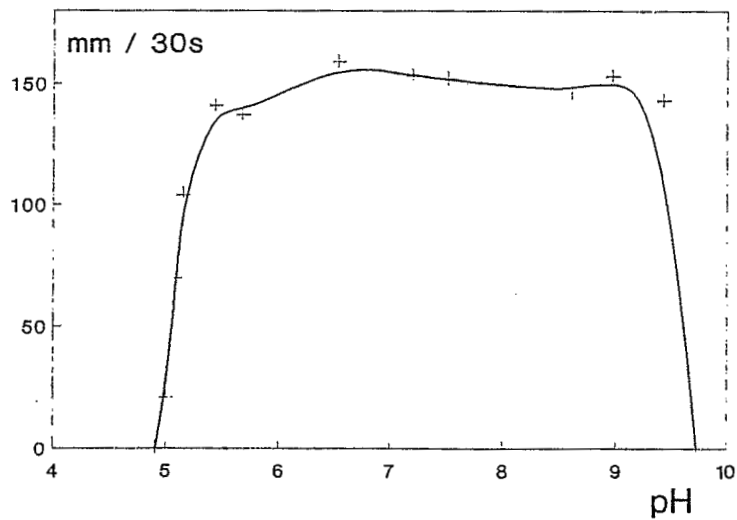


FIGURE 14:

VISCOSITE



VITESSE D'ECOULEMENT



EFFET DU pH SUR LA CONSISTANCE DE BOUILLIES DE MANIOC

(29 unités de BAN/100g MS; 27g MS/100g de bouillie)