

Evaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production d'attiéké (couscous de manioc) au Bénin

M. M. Dédédji³, R. Ahouansou³ et D. J. Hounhouigan⁴

RESUME

L'opération de roulage constitue l'une des plus pénibles dans le procédé de fabrication de l'attiéké, un couscous de manioc issu du savoir-faire traditionnel du Sud de la Côte d'Ivoire. Pour lever cette contrainte, un rouleur a été mis au point par la Faculté des Sciences Agronomiques et le Programme Technologie Agricole Alimentaire du Bénin. L'évaluation de la performance technologique de l'équipement a été réalisée en utilisant du manioc variété RB 89506 et les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques d'attiéké cuit obtenu ont été analysées par rapport au produit obtenu par granulation manuelle. La meilleure capacité horaire de roulage ($19,2 \pm 0,8$ kg/h) a été obtenue avec le roulage mécanique et est 4 fois celle enregistrée avec le roulage manuel ($4,5 \pm 0,7$ kg/h). Les deux méthodes de roulage donnent un rendement similaire de granulation de 98 %. Le rendement en produit final de granulométrie acceptable est significativement plus élevé lorsque le produit est roulé mécaniquement comparé au roulage manuel (88,0 % contre 72,5 %). Le produit roulé mécaniquement et cuit est plus blanc ($L^* = 72,7$ et $\Delta E = 32,7$) que le produit roulé manuellement ($L^* = 62,05$ et $\Delta E = 41,1$). L'introduction du rouleur favorise un gain de temps général à cause de la capacité horaire au roulage des grains de l'attiéké et l'inutilité du tamisage des grains après le séchage au soleil et le recyclage des refus. Elle améliore par ailleurs la qualité marchande du produit cuit.

Mots clés : roulage mécanique, caractéristiques physico-chimiques, couleur des grains, tests sensoriels, Bénin.

Technical evaluation of mechanical granulator performances for attiéké (cassava couscous) production in Benin

ABSTRACT

Rolling is the most difficult operation in the processing of attiéké production, a traditional cassava couscous from southern Ivory-Coast. To solve this problem, a roller has been made by 'Faculté des Sciences Agronomiques' and 'Programme Technologie Agricole Alimentaire' of Benin. Cassava, variety RB 89506 has been used for the technological performance of this equipment for rolling in attiéké production. The physical and chemical and sensory characteristics of cooked attiéké obtained have been compared with the manually rolled product. The best rolling capacity per hour observed in attiéké production (19.2 ± 0.8 kg/hour) was obtained with the mechanical rolling and is 4 times this registered with the manual rolling (4.5 ± 0.7 kg/hour). The granulation yield of the two rolling methods was similar (98 %). With the mechanical rolling method, the yield of acceptable attiéké was higher than this obtained with the manual rolling method (88.0 % versus 72.5 %). The mechanically rolled product, when it is cooked, was whiter ($L^* = 72.7$ and $\Delta E = 32.7$) than the manually rolled product ($L^* = 62.05$ and $\Delta E = 41.1$). The roller avoided a waste of time due to its great capacity per hour in attiéké granules production. With the mechanical rolling, it becomes useless to sun-dry and sieve the attiéké granules. The mechanical rolling method improved the market quality of the cooked product.

Key words: mechanical rolling, physicochemical characteristics, granule colour, sensory tests, Benin.

INTRODUCTION

L'attiéké est un couscous de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) fermenté, à l'origine préparé et consommé exclusivement par les groupes socio-culturels Adjoukrou, Ebrié, Alladjan, Avikam et Aizi vivant dans l'aire lagunaire au sud de la Côte d'Ivoire (Assanvo *et al.*, 2004). Aujourd'hui, le produit est consommé partout en Côte – d'Ivoire de même que dans les pays voisins, en particulier dans les zones urbaines. C'est ainsi que l'attiéké est rentré aussi dans les habitudes Soudanaises que l'une des contraintes majeures à sa production est le roulage manuel des granules qui est l'une des opérations les plus laborieuses de la chaîne opératoire (Bada-Ogoun, 1998). Les mêmes préoccupations ont été exprimées dans le Bulletin du CRAT (2008) en ces termes : "pour la préparation du couscous et de l'arraw de mil,

³ Programme de Technologie Agricole et Alimentaire (PTAA), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin. 01 BP 128 Porto-Novo, République du Bénin, Tél. : (+229) 20 22 39 02, e-mail : dedemontcho@yahoo.fr, gnanakis@yahoo.fr

⁴ Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 B.P. 526 Recette Principale, Cotonou 01, République du Bénin, Tél. : (+229) 21 36 01 26/21 36 01 22, e-mail : hounjos@intnet.bj

produits appréciés et obtenus par des techniques de transformation traditionnelles fastidieuses et longues, le projet du CRDI (Centre de Recherche pour le Développement International) a conçu un équipement pour réaliser l'opération de brassage - agglomération". Il faut pour une transformatrice ivoirienne, en moyenne 34 à 41 h par personne pour transformer 100 kg de manioc (base humide) en attiéké (Sotomey *et al.*, 2001). Selon Muchnik (1982), la capacité horaire de cette opération est de 5 kg/heure/personne. Il s'agit donc d'un travail très contraignant.

Les recherches menées à la FSA (Faculté des Sciences Agronomiques) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) au Bénin sur les produits roulés ont d'abord concerné le maïs pour la production de mawê dont le roulage permet d'obtenir les granules pour l'aklui, une bouillie fermentée. On peut citer ainsi les travaux de : Hounhouigan (1994) sur la fermentation de la farine de maïs pour la production du mawê ; Hounhouigan *et al.* (1999) et Hounhouigan *et al.* (2003) sur la mécanisation du décorticage du maïs pour la production du mawê. Ces travaux ont abouti à la mise au point d'une unité de production et de commercialisation du « aklui séché » (Mestres *et al.*, 1999). Ces travaux, complétés par ceux de Hounhouigan *et al.* (2004) sur le rouleur AFREM, ont donné des résultats satisfaisants. Toutefois, ce rouleur AFREM n'est pas disponible sur place, est cher et inutilement encombrant. Toutefois, les travaux de Dédédji *et al.* (2008) sur le roulage mécanique des granules de wassa-wassa (couscous de farine de cossettes d'igname) ont montré qu'il est possible d'adapter sur place des équipements de granulation à la portée des Petites et Moyennes Entreprises (PME) locales. C'est poursuivant les mêmes objectifs qu'un granuleur a été mis au point au Sénégal et selon le Bulletin CRAT (2008), "ce granuleur polyvalent constitue une solution de mécanisation de la granulation de la farine de mil pour obtenir du arraw et du couscous".

Les enquêtes menées à Cotonou par Sotomey *et al.* (2001) ont montré que les unités de production d'attiéké se multiplient avec des efforts remarquables d'adaptation du produit aux conditions du milieu. Par exemple 64 % des ménages enquêtés achètent de l'attiéké dans la rue mais 82 % rencontrent des difficultés dans l'acquisition du produit originel à cause des difficultés de fabrication ou d'approvisionnement en produit frais. Cela favorise la promotion de l'attiéké-gari, un produit de substitution fabriqué à partir du gari, malgré l'effort de certaines femmes ivoiriennes, installées ces deux dernières années à Porto-Novo et Cotonou, de produire sur place de l'attiéké ou de l'importer de leur pays d'origine. C'est également pour lever les contraintes liées à la granulation de la farine de manioc pour la production de l'attiéké que le nouveau rouleur a été développé sur la base du modèle précédent par le PTAA (Programme Technologie Agricole Alimentaire) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). L'objectif de la présente étude est d'apprécier les performances techniques du rouleur-calibreur mis au point par les deux institutions FSA et PTAA pour le roulage des granules de l'attiéké et de prouver sa polyvalence pour la granulation de plusieurs produits.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

Matières premières

Le manioc utilisé est la variété *RB 89506* cultivée et récoltée au bout de 13 mois dans le village Allada-Donou (département de l'Atlantique) au Sud-Bénin où elle est qualifiée de « *vobodouaho* » c'est-à-dire, endette-toi sans crainte. Cette variété *RB 89506* a été conseillée par les transformatrices des racines de manioc qui estiment qu'elle a un rendement meilleur en gari que la BEN 86052.

Equipement

Le rouleur-calibreur est constitué d'un bâti comme support de l'ensemble, un mécanisme de réduction (2 poulies, 2 courroies et 1 réducteur), une trémie, deux tambours-rouleurs, trois tambours rouleurs-calibreurs en aluminium perforés de maille de 2, 2,5 et 3 mm, quatre bacs en plastique pour recevoir les granules dont un à l'avant du rouleur pour recevoir les grains de taille supérieure à 3 mm. Un capot en plexiglas protège les tambours. Un moteur diesel de marque chinoise de 40 kg, de puissance 2,45 kw, faisant 2.600 tours/minute et muni d'un échappement de fumée, actionne le moteur. La vitesse de rotation de l'axe est uniforme et est de 30 tours/minute.

La photo 1 présente une vue du rouleur-calibreur.

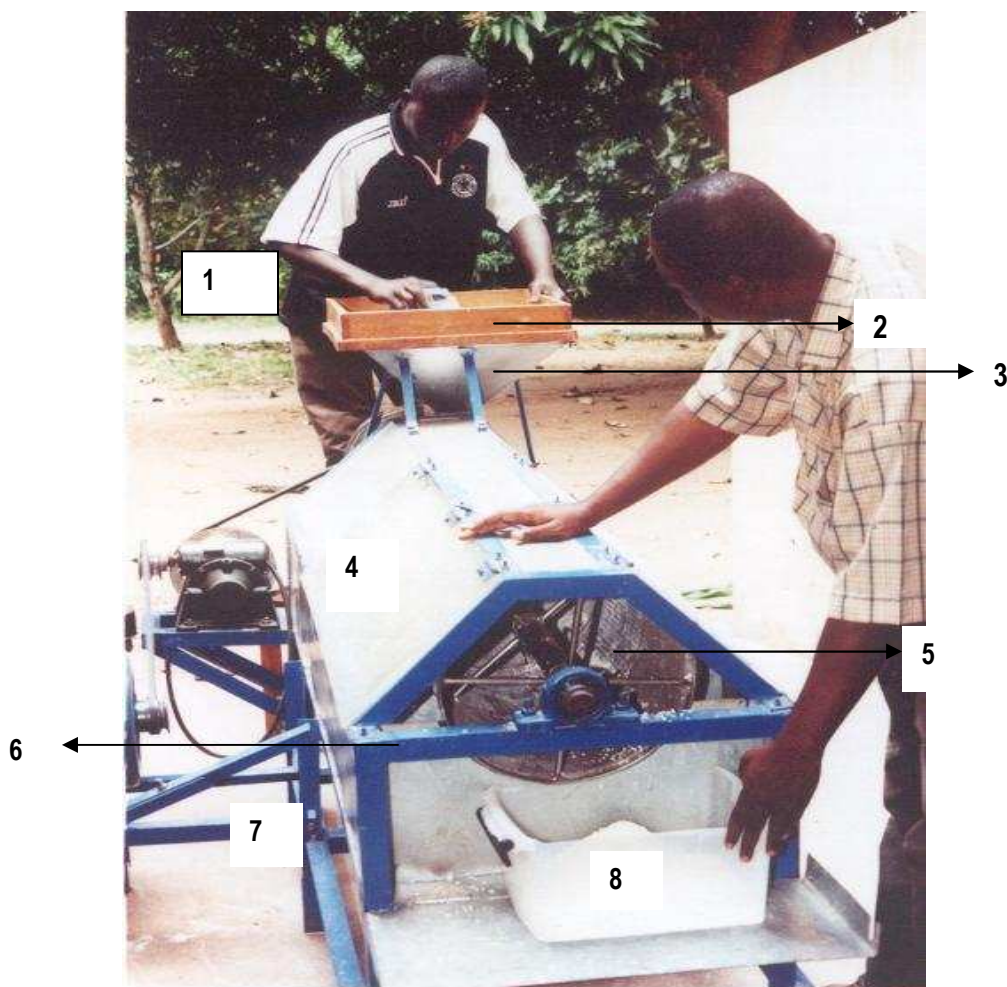


Photo 1. Rouleur-Calibreur en fonctionnement

Légende : 1 = Opération d'émottage manuel ; 2 = Tamis ; 3 = Trémie ; 4 = Capot en plexiglas ; 5 = Tambours rouleurs perforés ; 6 = Mécanisme de roulage ; 7 = Bâti ; 8 = Bac en plastique de réception des granules.

Méthodes

Production de l'attiéké

La fabrication du magnan ou ferment pour l'attiéké a été faite selon le diagramme technologique représenté par la figure 1 (Sotomey *et al.*, 2001). La production de l'attiéké a été faite suivant deux méthodes qui ne diffèrent que par la technique de roulage : l'une est manuelle et l'autre mécanisée. Les deux méthodes de roulage ont été appliquées sur deux lots de la même farine de manioc. Le processus général de production de l'attiéké proposé par Sotomey *et al.* (2001) mais modifié pour la circonstance dans la présente étude, est résumé dans la figure 2.

Le matériel de tamisage est le tamis traditionnel "sassado".

L'humidification s'est faite à une teneur en eau moyenne de $50,3 \pm 0,77$ % avant trois séries d'essais de granulation. La quantité d'eau à ajouter à la râpure tamisée est calculée par la formule proposée par Hounhouigan *et al.* (1999) qui est

$$Q_e = \frac{m \times (H_f - H_i)}{100 - H_f}$$

où : **Q_e** = quantité d'eau à ajouter à la râpure tamisée (g),

m = masse de râpure tamisée (g),

H_f = humidité finale désirée (%) et

H_i = teneur en eau de la râpure après le pressage et le tamisage (%).

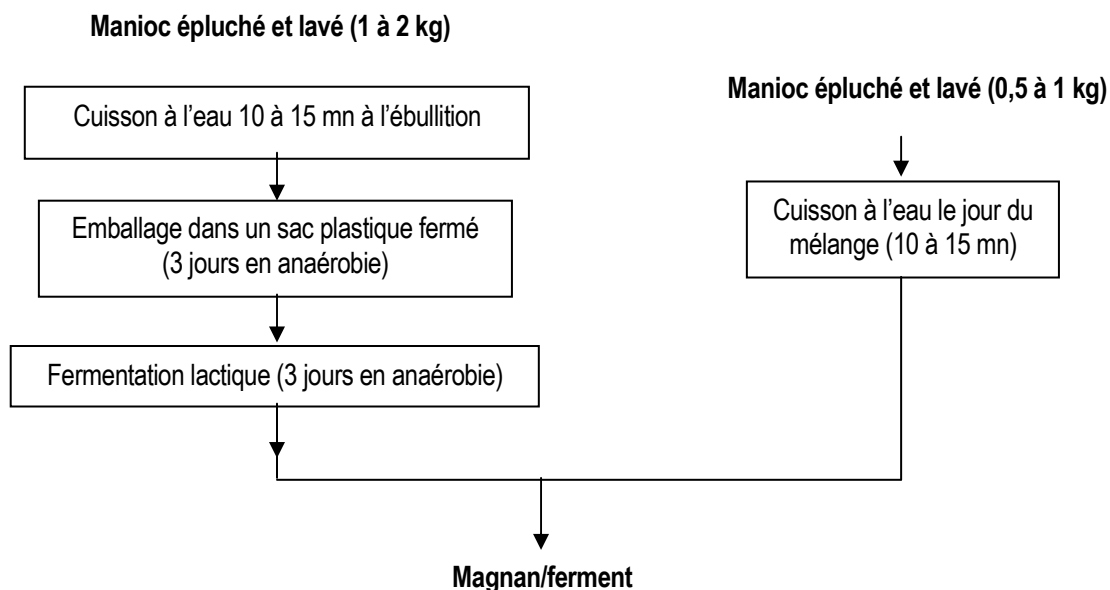


Figure 1. Méthode de préparation du magnan
Source : Sotomey *et al.* (2001)

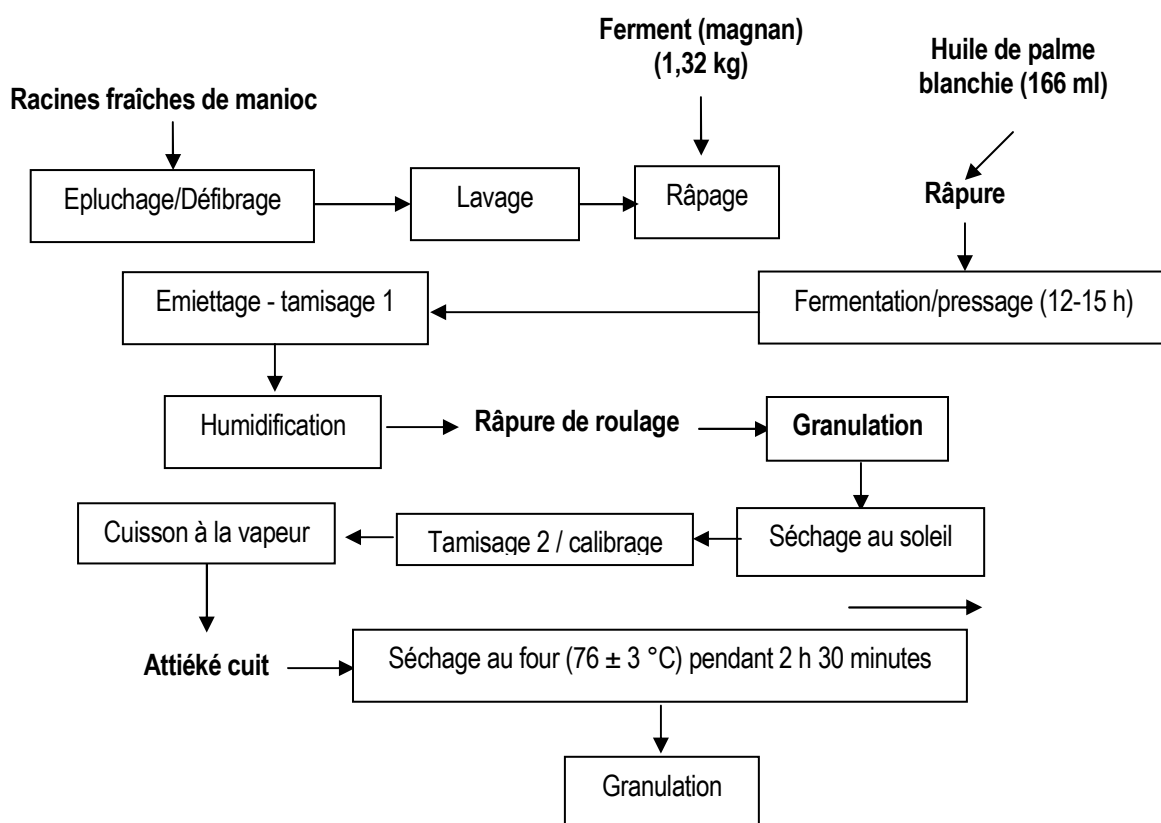


Figure 2. Diagramme technologique de production de l'attiéké (méthode béninoise)
Source : Sotomey *et al.* (2001) modifié

Le roulage manuel par une productrice utilise les mains pour l'émottage de la râpure et des mouvements de rotation d'une cuvette pour le roulage. Le roulage mécanique est un système semi mécanisé continu semblable à celui décrit par Odjo (2002) pour le roulage d'aklui. Il comprend un émottage qui se fait à la main avec un tamis de maille 2 mm. Les tambours-rouleurs reçoivent les particules de râpure émietées et par l'effet simultané de la rotation du tambour et du frottement entre le tambour et le produit, ils impriment aux granules une forme lisse et sphérique. Les granules tombent dans les tambours rouleurs – calibreurs qui réalisent leur calibrage à travers des mailles de diamètre 2, 2,5 et 3 mm. Les granules sont récupérés dans quatre bacs.

La stabilisation du produit cuit est faite par un séchage dans un séchoir électrique de marque Heraeus à $76 \pm 3^\circ\text{C}$ pendant 2 heures 30 minutes.

Analyses physico-chimiques des produits

La matière sèche et la teneur en eau ont été déterminées par la méthode AFNOR (1991).

Le pH a été mesuré avec un pH-mètre (au préalable étalonné avec des solutions tampons à pH 4 et pH 7) sur 10 g d'échantillon dilué dans 20 ml d'eau distillée ou 50 ml si la suspension obtenue est trop pâteuse. Pour le dosage de l'acidité titrable, la suspension aqueuse a été complétée avec 70 ml d'eau distillée ou avec 40 ml (cas où la dilution a été faite avec 50 ml d'eau distillée). L'ensemble est homogénéisé et le dosage fait avec du NaOH 0,1N et 1-2 gouttes de phénol phtaléine comme indicateur coloré.

La couleur des échantillons a été déterminée avec un chromamètre Minolta CR 210b étalonné avec une céramique blanche de référence dont les coordonnées de couleur sont $x = 0,315$, $y = 94,8$ et $z = 0,332$. Les coordonnées L^* , a^* , b^* et ΔE ont été utilisées pour la détermination de la couleur.

Tests sensoriels

Un test triangulaire (Watt *et al.*, 1991) a été effectué sur d'attiéké cuit obtenu à partir du roulage manuel et du roulage mécanique. Le produit roulé mécaniquement est l'échantillon doublé. Le panel est composé de 19 dégustateurs au lieu de 20 invités (l'un d'eux n'était pas disponible le jour du test).

Un test hédonique a permis de mesurer le degré d'acceptabilité du produit roulé mécaniquement et cuit par un panel de 20 personnes. Les réactions des consommateurs ont été enregistrées à l'aide d'un questionnaire suivant une échelle d'annotation de 1 à 5 : 5 = très bon ; 4 = bon ; 3 = passable ; 2 = sans intérêt ; 1 = médiocre.

Analyses statistiques des données

L'analyse de variance à 1 facteur contrôlé a été utilisée pour les rendements et les moyennes avec le logiciel statistique MINITAB Version 13.2 pour Windows. Le test binomial à deux queues a servi à l'analyse des résultats du test triangulaire (Watt *et al.*, 1991).

Reconstitution de l'attiéké séché au séchoir électrique à $76 \pm 3^\circ\text{C}$

La reconstitution de l'attiéké séché obtenu est basée sur la méthode ivoirienne décrite par Bada-Ogoun (1998) mais qui a été modifiée ici : à 200 g d'attiéké cuit séché au séchoir électrique de teneur en eau moyenne de $5,00 \pm 0,05\%$, ont été ajoutées 150 ml d'eau aspergée progressivement sur le produit. Après un temps d'attente de 2 minutes environ pour l'absorption et 20 minutes pour le ramollissement des grains, le produit a été cuit à la vapeur pendant 15 minutes environ.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Analyse de la performance du rouleur par rapport à la méthode traditionnelle

La capacité horaire moyenne, le rendement moyen de granulation et le rendement en produit cuit par rapport à la râpure de manioc mise en roulage sont consignés dans le Tableau 1.

La capacité horaire du roulage manuel est proche de celle trouvée par Bada-Ogoun (1998) et varie entre $6,4 \pm 2,1$ et $7,9 \pm 1,4$ kg/h. Les variations entre les rendements peuvent être liées non seulement au système technique mais aussi à la qualité de la matière première et au savoir-faire des femmes productrices (Bada-Ogoun 1998). La granulation mécanique permet de rouler 4 fois plus de grains en une heure que la granulation manuelle, ce qui correspond à un gain de temps proportionnel. Ce résultat est analogue à celui de Dédédji *et al.* (2008) avec le rouleur ou granuleur mécanique pour la production de wassa-wassa, un couscous à base de farine de cossette d'igname qui diminue de 5 fois environ le temps de roulage. Il en est de même pour les résultats obtenus avec la mécanisation des opérations de découpage et d'épépinage de tomates destinées à la production de purée de tomates. En effet selon

Dédédji *et al.* (2008), l'introduction de l'épépineuse de tomates du Programme Technologie Agricole et Alimentaire dans le processus de production de purée de tomates a permis de diminuer de 77 % le temps de travail pour les opérations concernées qui sont les plus consommatrices de temps et de main-d'œuvre et qui en conséquence freinent le développement de la technologie de fabrication de purée de tomates.

Le rendement moyen brut de granulation des grains (base sèche) est similaire ($p > 0,05$) pour les deux méthodes et ce bien que celui obtenu par le roulage mécanique soit inférieur de 1 % au rendement brut enregistré avec le roulage manuel. Ce constat est le même pour l'introduction de l'épépineuse de tomates pour laquelle Dédédji *et al.* (2008) précisent « Quant au rendement, il peut être relatif à la variété et à l'état des fruits... Toutefois, sur le plan statistique $p = 1,000$ donc supérieur à α , alors il n'y a pas de différence significative ». C'est un constat intéressant qui rassure le transformateur habitué à la méthode et qui a souvent du mal à s'en détacher. De façon générale, la granulation mécanique se révèle techniquement plus avantageuse que la granulation manuelle du fait d'une capacité horaire plus élevée à rendement brut similaire. La granulation mécanique permet d'obtenir un rendement net de 87,9 % base sèche significativement plus élevé ($p < 0,05$) que celui obtenu avec la granulation manuelle. Ces rendements sont plus élevés que les 62 % signalés par Bada-Ogoun (1998) au niveau des productrices béninoises et ivoiriennes. La faible valeur de rendement net par rapport au rendement brut est liée aux pertes dues aux manipulations et à la phase de séchage au soleil/tamisage au cours du processus technologique. La réduction de la teneur en eau du grain jusqu'à 42–45 % par séchage au soleil facilite le tamisage qui permet de débarrasser le produit roulé manuellement des gros grains indésirables. Ce résultat est analogue à celui de Dédédji *et al.* (2008) pour la production mécanisée de granules de wassa-wassa qui améliore d'environ 8 % le rendement brut en granules de wassa-wassa et la couleur des grains cuits.

Tableau 1. Performance des systèmes techniques de granulation d'attiéké à 50 % de teneur en eau

Technologie	Capacité horaire (kg/heure) (bh)	Rendement brut	Rendement net en attiéké précuit (%) (bs)
		(%) (bs)	
Granulation manuelle	4,5 ± 0,7a	97,5 ± 0,5a	72,4 ± 4,8a
Granulation mécanique	19,2 ± 0,8b	98,7 ± 0,5a	87,9 ± 5,1b

bs = base sèche

bh = base humide

Les valeurs moyennes sur une même colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Le Tableau 2 indique les rendements obtenus après séchage au soleil et tamisage des grains.

Tableau 2. Rendement du tamisage après le séchage au soleil des grains par rapport à la quantité de râpüre de manioc roulée

Technologie	Taux en % sur la base sèche		
	Du rendement tamisat	Du refus	Des Pertes
Roulage manuel	81,9 ± 2,0a	14,2 ± 1,0a	1,4a
Roulage mécanique avec le rouleur	97,8 ± 0,9b	0,00 ± 0,00b	0,9a

Les valeurs moyennes sur une même colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Le tableau 2 montre que le rendement en tamisât pour les grains roulés manuellement est d'environ 16 % plus faible ($p < 0,05$) que celui obtenu avec le rouleur mécanique. Mieux, par rapport à la quantité de râpüre mise au roulage, la granulation mécanique donne un taux de refus nul significativement différent ($p < 0,05$) de celui de près de 1/6^{ème} enregistré au roulage manuel. Certes, les refus obtenus lors du tamisage des granules pour le produit roulé manuellement sont des produits hors calibre qui sont ensuite recyclés par une nouvelle granulation manuelle. Néanmoins, ce recyclage consomme du temps et de l'énergie humaine qui a un effet sur le plan de l'ergonomie. Il a aussi un coût en main-d'œuvre relatif au nombre d'heure de travail à payer.

L'introduction du granuleur dans le processus de transformation de l'attiéké dispense par contre la productrice de cette opération de recyclage de refus de tamisage, ce qui correspond à un gain supplémentaire de temps et à un gain possible sur le revenu final de la production.

Caractéristiques des produits obtenus

Les caractéristiques des produits sont présentées dans le Tableau 3.

Tableau 3. Caractéristiques des produits cuits issus des deux systèmes de granulation

Attiéké cuit suite à la granulation	pH	AT en mg/g (base sèche)	Couleur			
			L*	a*	b*	ΔE
manuelle	4,40 \pm 0,03a	1,40 \pm 0,03a	62,00 \pm 0,15a	- 0,60 \pm 0,05a	15,50 \pm 0,05a	41,1 \pm 0,1a
mécanique	4,40 \pm 0,02a	1,40 \pm 0,01a	72,70 \pm 0,00b	- 2,10 \pm 0,05b	16,90 \pm 0,05a	32,7 \pm 0,0b

Les valeurs moyennes sur une même colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

L'attiéké roulé manuellement et cuit et celui roulé mécaniquement et cuit ont le même pH et la même acidité titrable (AT). Ainsi, le roulage mécanique n'affecte guère le pH et l'acidité titrable de l'attiéké et par voie de conséquence conserve au produit le goût recherché par les consommateurs. Ce résultat est analogue à celui de Dédédji *et al.* (2008) avec la granulation mécanique de wassa-wassa qui améliore la valeur marchande et la qualité du produit grâce à une meilleure luminance constatée.

Il en est de même pour l'attiéké roulé mécaniquement et cuit qui a une meilleure luminance (L^*) de 10,7 plus élevée et une valeur de ΔE de 8,4 plus faible que celui obtenu manuellement. Bada-Ogoun (1998) décrit l'aspect de l'attiéké cuit comme étant blanc-crèmeux ou jaunâtre. Ainsi, on peut conclure ici que l'attiéké roulé mécaniquement a plus de clarté que le produit roulé manuellement et qu'il est plus blanc. Ceci pourrait lui conférer une meilleure qualité marchande. Ce phénomène peut s'expliquer par le temps de roulage mécanique relativement rapide par rapport au roulage manuel au cours duquel le produit subit beaucoup de manipulations (la main y passe et repasse) qui pourraient induire des phénomènes d'oxydation ayant un effet sur la baisse de la luminance. Ceci montre que la mécanisation de certaines opérations dans les technologies traditionnelles réduit la pénibilité et le temps de travail mais améliore encore certaines qualités organoleptiques des produits obtenus tels que le gari (Adégbola *et al.*, 2004), le beurre de karité (Singbo et Ahouansou, 2005), le riz (Houssou *et al.*, 2005 ; Houssou et Amonsou, 2005), les noix de palmiste (Ahouansou *et al.*, 2006a), le maïs (Ahouansou *et al.*, 2006b), l'igname et le manioc (Allogni *et al.*, 2006), l'huile de palme (Ahouansou *et al.*, 2008), etc. Cette mécanisation augmente aussi par la capacité horaire accrue, le niveau de production et la valeur marchande donc le revenu du transformateur.

Tests sensoriels sur l'attiéké cuit**Analyse comparative de la qualité du attiéké roulé manuellement et cuit et du attiéké roulé mécaniquement et cuit**

Dans ce test l'attiéké roulé manuellement était l'échantillon unique. C'est un choix opéré pour satisfaire les exigences du test triangulaire pour lequel l'un des deux échantillons doit être unique et l'autre doublée.

Le Tableau 4 donne 13 réponses correctes et 6 réponses incorrectes pour chaque répétition soit 26 pour les deux.

Tableau 4. Résultats du test triangulaire sur l'attiéké roulé manuellement et mécaniquement fait avec un panel de 19 personnes

Réponses	Répétitions			Proportion (%)
	T1	T2	Total	
Correctes	13	13	26	68,42
Incorrectes	6	6	12	31,58
Total des participants	19	19	38	100,00
Critères de différenciation pour les réponses correctes				
Goût (pour les deux)	2	3	5	13,16
Couleur foncée (manuel)	6	4	10	26,32
Couleur blanche (rouleur)	12	12	24	63,16
Homogénéité grains (rouleur)	6	6	12	31,58
Légèreté grains (rouleur)	3	2	5	13,16

L'attiéké roulé manuellement était l'échantillon unique.

Selon le test binomial à une queue, les dégustateurs ont reconnu l'échantillon unique par le fait de la valeur supérieure des réponses correctes. Ceci est confirmé par l'analyse statistique des résultats qui montre que les deux échantillons d'attiéké sont différents ($p = 0,002$). Le critère de différenciation mentionné par les dégustateurs qui est significatif ($p = 0,007$) porte sur la couleur plus blanche de l'attiéké roulé mécaniquement (63 % des dégustateurs), ce qui confirme les résultats d'analyse de la couleur faite antérieurement sur l'attiéké roulé manuellement.

Le tableau 3 indique les mêmes résultats pour les deux types d'attiéké en ce qui concerne le pH et l'acidité titrable. C'est dire que les deux produits ont presque le même goût, ce qui est un avantage en faveur du roulage mécanique qui n'altère pas le goût du produit fini. Les personnes qui ont donné leur appréciation (le 1/8^{ème} du panel) pensent que le produit est fade. On pourrait penser qu'il s'agit de gens peu habitués à l'attiéké ou qui n'ont l'habitude de le manger qu'assaisonné.

Certains dégustateurs ont pu remarquer l'homogénéité (environ le tiers) des granules pour l'attiéké obtenu par le rouleur. C'est un résultat en faveur du roulage mécanique et confirme les résultats du tableau 2 relatif au tamisage des grains après le séchage au soleil. Cette homogénéité est due aux mailles des tambours dont le diamètre est bien calibré. La légèreté constatée par environ 1/8^{ème} de dégustateurs montre que ces personnes sont des connaisseurs du produit et sont de bons dégustateurs. Cette légèreté vient du mécanisme de fonctionnement de l'équipement dont les tambours rouleurs ont une vitesse de rotation uniforme. Ces tambours de plus reçoivent de la râpüre émiettée donc rendue déjà légère et leur imprime simplement la forme circulaire, ce qui n'est pas le cas pour le roulage manuel au cours duquel la transformatrice ajoute parfois même de l'eau à la râpüre.

Acceptabilité du attiéké roulé mécaniquement et cuit

Les résultats du test hédonique sont consignés dans le tableau 5.

Tableau 5. Résultats du test hédonique fait avec un panel de 20 personnes

Critères	Répétitions			Proportion (%)
	T1	T2	Total	
Identification du produit				
Ont identifié	18	18	36	90
N'ont pas identifié	2	2	4	10
Connaissent le nom	17	17	34	85
Ne connaissent pas le nom	3	3	6	15
Acceptabilité du produit				
Très bon	6	7	13	32,5
Bon	9	2	11	27,5
Passable	1	4	5	12,5
Sans intérêt	2	6	8	20,0
Médiocre	2	1	3	7,5
Total	20	20	40	100,0
Critères selon lesquels certains consommateurs n'apprécient pas bien le produit				
Goût acide	1	0	1	2,5
Couleur (sans précision)	1	0	1	2,5
Critère non précisé	1	0	1	2,5

Il est bon de préciser que les 4/5^{èmes} des dégustateurs ont identifié le produit et 85 % en connaissaient le nom. En ce qui concerne les réactions des consommateurs, il est à remarquer que le tiers l'a trouvé très bon, 28 % bon, 12 % passable, le 1/5^{ème} sans intérêt et enfin 7 % médiocre. Ces derniers sont certainement des dégustateurs qui ne connaissaient pas le produit avant le test.

CONCLUSION

Cette étude a permis de montrer qu'il est possible de mécaniser l'opération de granulation d'attiéké en utilisant le rouleau développé. Le roulage ainsi mécanisé permet de quintupler la capacité horaire du roulage manuel actuel. Le rendement net de production est amélioré de $15,5 \pm 0,3$ %. Par ailleurs, le roulage mécanique dispense la productrice du tamisage après le séchage au soleil des grains. L'attiéké obtenu par roulage mécanique se présente plus blanc que le produit roulé manuellement.

Il s'agit ici d'un test en station. Les essais en milieu réel auprès de transformatrices de grandes capacités de production permettront d'éprouver l'équipement sur le plan de la consommation en carburant, la capacité horaire et la résistance. Cela permettra également d'aborder les questions d'ergonomie et de rentabilité de l'équipement afin d'en sortir la version finale.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le projet de développement des racines et tubercules (PDRT) pour les fonds mis à la disposition des chercheurs pour la réalisation de l'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adegbola P.Y., A.G. Singbo, S. Midingoyi, J. Monhouanou, A.D. Savi, 2004: Etude technique et socio-économique de la semi-mécanisation du procédé artisanal de production du gari au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 46, 9-24.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1991 : Contrôle de la qualité des produits aliments. Céréales et produits céréaliers. Recueil de normes françaises, AFNOR – DGCCRF, 3^è éd., 360 p.
- Ahouansou R., P. Houssou, A. Singbo, 2006a : Mise au point et évaluation technique de concasseur de noix de palmiste. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 51, 20-27.
- Ahouansou R., A. G. Singbo, P. Fandohan, P. Y. Adégbola, 2006b: Evaluation des performances technique et économique des égreneuses à maïs au Nord du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 51, 46-53.
- Ahouansou R. H., J. Monhouanou, M-C. Savi, F. Akplogan, P. Djossou, 2008 : Evaluation des performances technique et économique d'un dépulpeur de fruits de palme au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 60, 43-50.
- Allogni W.N., O. Coulibaly, M.K. Djade, S. Hounkponou, D. Cornet, 2006: Impact of mechanization of cassava and yam chip processing on households' livelihoods in West Africa: A gender approach in Benin and Togo. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 52, 32-46.
- Aluka K., J.C. Miche, J. Faure, 1985 : Conditions d'une fabrication mécanique du couscous de maïs en Afrique : Industrie Alimentaire et agricole, vol.102, n°5, 457-461.
- Assanvo J.B., G.N. Agbo, Y.E.N. Behi, P. Coulin, Z. Farah, 2004: Microflora of traditional starter made from cassava for "attiéké" production in Dabou (Côte d'Ivoire). *Food Control*, 17, 37-41.
- Bada-Ogoun, M.C., 1998. Etude des systèmes techniques de transformation du manioc en attiéké au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA, Univ. Nat. du Bénin. Univ. of Ibadan, Nigeria, 135 p.
- Bulletin du CRAT (Centre Régional Africain de Technologie), 2008 : Présentation du rouleau. http://www.Fao.org/inpho/news/ext_news/crat/bulletin.htm. pp. 1-2. Consulté le 18 juillet 2008 à 14 heures 30 minutes.
- Dédédji M. M., R. Ahouansou, D. J. Hounhouigan, 2008 : Evaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production de wassa-wassa, un couscous à base de farine de cossette d'igname. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 59, 49-58.
- Dédédji M. M., A. K. Hounyèvou., J-L. Ahounou, 2008. Possibilités d'utilisation de l'épépineuse de tomate du PTAA. pour la transformation d'autres fruits et de la carotte. 5^{ème} Édition de l'Atelier scientifique national de la Recherche Agricole. Résumés et abstracts. 2-4 décembre 2008. MAEP- INRAB- GTZ. 43 p.
- Hounhouigan, D.J., 1994: Fermentation of maize (*Zea mays* L.) meal for mawè production in Bénin, physical, chemical and microbiological aspects. Ph.D thesis Agricultural University of Wageningen, 99 p.
- Hounhouigan D.J., P. Kayodé, C.M. Nago, C. Mestres, 1999: Etude de la mécanisation du décorticage du maïs pour la production du mawè. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 2, 99-113.
- Hounhouigan D.J., H.G. Sèkèpè, A.P. Kayodé, C. Mestres, C.M. Nago, 2003: Mechanization of maize degerming for mawè production. Faculté des Sciences Agronomiques, Université Nationale du Bénin. Cirad-CA. In " Maize revolution in West and Central Africa ". IITA, 453-461.
- Hounhouigan J. D., E. Odjo, R. Adjigbey, 2004 : Mise au point d'une technologie améliorée de production de wassa-wassa, un couscous à base de farine d'igname. Rapport de recherche. FSA, Univ. Abomey-Calavi, PDRT, Bénin, 19 p.
- Houssou, A.P.F., 1996 : Amélioration des performances d'un rouleau AFREM pour la granulation du couscous de maïs. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA, Univ. Nat. du Bénin. Univ. of Ibadan, Nigeria, 85 p.

- Houssou P., E. Glele, E. Amonsou, 2005: Aptitude à l'étuvage de différentes variétés de riz cultivées au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 48, 60-65.
- Houssou, P., Amonsou, E., 2005: Development and test of improved parboiling equipment for paddy rice in Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 49, 35-39.
- Mestres C., D.J. Hounhouigan, C.M. Nago, 1999 : L'aklui sec : un petit déjeuner prêt à l'emploi, expérience d'une production artisanale au Bénin. *Agriculture et développement* n°23. 10 p.
- Muchnick, I., 1982 : Innovation et adaptation de technologies pour l'industrialisation des pays africains. Les industries agroalimentaires. Le cas de la transformation du manioc. ENSIA – Ministère Coop. et Dév. 77 p.
- Odjo, E.A., 2002 : Une étude de la mécanisation de l'émottage et du roulage de la farine de mawè pour l'obtention de produits granulés : Cas de l'aklui (bouillie fermentée de maïs). Thèse d'Ing. Agr., FSA. Univ. Abomey-Calavi. 66p.
- Singbo, A., Ahouansou, R., 2005 : Etude de faisabilité de l'implantation d'un atelier mécanisé de production de beurre de karité au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 50, 38-46.
- Sotomey M., E.A. Atègbo, E.C. Mitchikpé, M-L. Gutierrez, 2001 : Innovations et diffusion de produits alimentaires en Afrique. L'attiéké au Bénin. CERNA, CNEARC, CIRAD, 96 p.
- Watt B.M., G.L. Ylimaki, L.E. Jeffery, L.G. Elias, 1991 : Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. CRDI, Ottawa (Canada), 123 p.