

## Évaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production de wassa-wassa, un couscous à base de farine de cossette d'igname

M. M. Dédédji<sup>11</sup>, R. Ahouansou<sup>11</sup> et D. J. Hounhouigan<sup>12</sup>

### Résumé

Le wassa-wassa est un produit roulé à base de farine de cossette d'igname très consommé au Nord-Bénin. Son roulage est très pénible. Pour lever cette contrainte, un rouleur a été mis au point par la recherche afin de faciliter le roulage. La farine de cossette d'igname de la variété "Kokoro" a été utilisée. La teneur en eau de cette farine a été variée de 50 à 53 % au cours du roulage mécanique. Les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du wassa-wassa cuit ont été analysées par rapport au produit roulé manuellement (teneur en eau moyenne de  $50,4 \pm 0,12$  %). La meilleure capacité horaire de roulage mécanique (24 kg de granules/h) et le meilleur rendement brut en grains par rapport à la quantité de farine utilisée (95 % base sèche) sont obtenus à 52 % de teneur en eau de la farine. La capacité horaire et le rendement en grains du roulage manuel sont respectivement de 4,8 kg de granules/h base humide et 87 % (base sèche). Le meilleur rendement final en grains utiles de wassa-wassa cuit est obtenu avec le roulage manuel (environ 70,2 % base sèche) a été obtenu à 50,4 % d'humidité de la farine contre 63,4 % base sèche pour le roulage mécanique à 51,0 % de teneur en eau de la farine). Le rouleur diminue de 5 fois environ le temps de roulage, améliore d'environ 8 % le rendement brut en granules de wassa-wassa et la couleur des grains cuits mais aussi améliore la valeur marchande de la qualité du produit.

**Mots clés** : granuleur, performances, wassa-wassa, farine de cossette d'igname, Bénin.

### Technical evaluation of mechanical granulator performances for wassa-wassa production, a yam chips flour base granulated product

#### Abstract

Wassa-wassa is a traditional granulated product derived from yam chip flour. It's very consumed in the north of Benin. Granulation is the most difficult operation in the processing of this product. To alleviate this operation, the research has developed a granulator to facilitate the granulation of the product. "Kokoro" yam chip flour was used to assess the technological performance of the granulator. The flour moisture content during granulation varied between 50 to 53 %. The physical, chemical and sensory characteristics of the cooked wassa-wassa obtained by mechanical granulation were compared to the manually granulated product generally obtained at  $50.4 \pm 0.12$  % of the flour moisture content. The best granulation capacity for the granulator (24 kg of granules/hour) and the best gross yield (95 % dry matter basis) were obtained with 52 % moisture content of the yam chips flour. The best final yield of useful granules of cooked wassa-wassa (about 70.2 %) was obtained at 50.4% moisture content of the yam chip flour, against 63.4 % dry matter basis for the mechanical processing at 51.0 % moisture content of the meal. The granulator reduces about 5 times the granulation duration and improves about 8 % the gross yield of wassa-wassa granules and the colour of the cooked grains but also improves the market quality of the product.

<sup>11</sup> 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, gnankis@yahoo.fr

<sup>12</sup> 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

**Keywords:** granulator, performances, wassa-wassa, yam chips flour, Benin.

## Introduction

L'igname (*Dioscorea* sp) est une plante à tubercules de grande importance alimentaire, économique et socioculturelle, très cultivée en Afrique de l'Ouest. La production nationale d'ignames au Bénin représente les 6 % de la production mondiale (FAO, 2005). L'igname occupe une place importante parmi les cultures vivrières produites au Bénin et près de la moitié de la population béninoise l'utilise comme aliment de base (Dansi *et al.*, 1999).

La multiplication par voie végétative reste le principal mode de reproduction de l'igname. Par conséquent, une partie non négligeable de la récolte est conservée comme semences pour la saison suivante, ce qui réduit la part de la production disponible pour l'alimentation. On estime entre 25 et 50 %, la proportion de la récolte d'ignames reconvertie en semenceaux (Foua-bi, 1993 ; Zoundjihékpon, 1993 ; Hinvi et Nonfon, 2000). Il se pose alors le problème de disponibilité de semenceaux et il est donc impérieux de trouver une voie alternative pour la production de semenceaux indépendamment des récoltes, afin d'accroître la productivité de l'igname. La culture *in vitro* des organes et des tissus végétaux s'avère être un important moyen dans la résolution des problèmes liés à l'insuffisance des matériels de plantation de l'igname (Ahanhanzo, 2003 ; Montcho, 2004 ; Saharan *et al.*, 2004 ; Agbangla *et al.*, 2008 ; Ahanhanzo *et al.*, 2008a ; Ahanhanzo *et al.*, 2008b ; Gandonou *et al.*, 2008).

Les cossettes constituent le produit le plus commun de transformation des ignames. Les producteurs ruraux stabilisent une partie de leur production d'igname et les écarts de cuisine sous forme de cossette, afin de constituer des stocks pour les périodes de soudure. Depuis une vingtaine d'années, des milliers d'agriculteurs au Nigeria, au Bénin et au Togo ont entrepris cette transformation à plus grande échelle pour une production commerciale. Selon Bricas et Vernier (2000), la farine obtenue des cossettes permet en outre des préparations plus élaborées comme le wassa-wassa, un couscous d'igname. Le wassa-wassa est une forme de couscous produite à partir de la farine de cossettes d'igname (Hounhouigan, 2000). Il est originaire de la région septentrionale du Bénin où il est d'abord produit et consommé au niveau des ménages. Toutefois, le produit est proposé depuis quelques années par l'artisanat alimentaire urbain comme aliment de restauration rapide dans la rue et les marchés. Aujourd'hui, la production à but commercial du wassa-wassa est une réalité dans les grands centres urbains comme Cotonou. De toutes les opérations du procédé de production des produits roulés comme le wassa-wassa, la granulation qui se fait manuellement est certainement la plus difficile (Khoda, 1999 ; Mestres *et al.*, 1999 ; Hounhouigan, 2000). Comme d'autres produits roulés similaires dont l'aklui et le yèkè-yèkè du Bénin, le monni du Mali, le céré, l'arraw ou le ciakry du Sénégal ou l'attiéké de la Côte-d'Ivoire, cela requiert un savoir-faire que seules les femmes habituées à ce type de transformation maîtrisent mais avec un rendement très faible.

La recherche peut contribuer à limiter cette contrainte technologique pour une production en masse par la mécanisation des opérations de roulage et la stabilisation par séchage du produit, tout en conservant les qualités organoleptiques les plus proches du désir des consommateurs. Cette amélioration demande des équipements et des procédés plus élaborés que la méthode traditionnelle. Les travaux menés à la FSA (Faculté des Sciences Agronomiques) sur le roulage du "aklui" (une bouillie fermentée béninoise) et ceux de Hounhouigan *et al.* (2004) sur la production de wassa-wassa à partir du rouleur AFREM, ont donné des résultats satisfaisants. Pourtant, ce rouleur non disponible sur place est cher et inutilement encombrant. Aussi la FSA et le PTAA (Programme de Technologie Agricole et Alimentaire) ont-ils entrepris la mise au point d'un rouleur adapté aux produits à base de racines et tubercules ou de céréales et utilisables par les unités artisanales ou semi-industrielles.

L'objectif de l'étude est d'apprécier les performances techniques du rouleur-calibreur mis au point par les deux institutions FSA et PTAA pour le roulage de la farine de cossette d'igname afin de produire du wassa-wassa.

## Matériel et méthodes

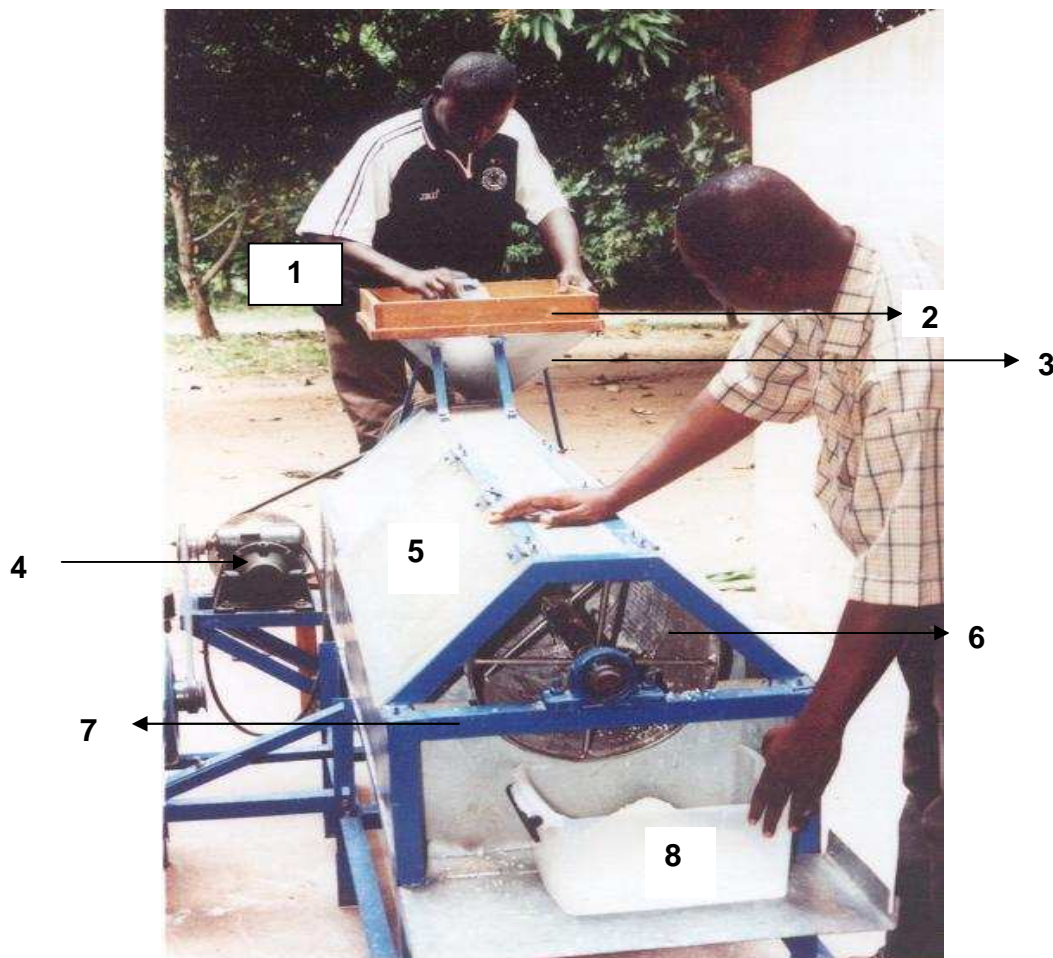
### Matériel

### Matières premières

Les cossettes d'igname ayant donné la farine utilisée ont été produites au Centre de Recherches Agricoles Nord à INA à partir des variétés d'igname "kokoro". Elles ont été conditionnées dans des sacs de farine de blé doublés et ont été utilisées 6 mois après la production. La teneur en eau moyenne de la farine est de  $15,5 \pm 0,08$  %.

### Equipement

La photo 1 montre la vue d'ensemble du rouleur-calibreur.



**Photo 1. Rouleur-Calibreur en fonctionnement**

**Légende :** 1 = Emottage manuel ; 2 = Tamis ; 3 = Trémie ; 4 = Réducteur ; 5 = Capot ; 6 = Tambours ; 7 = Châssis ; 8 = Bac de récupération des granules

Le Rouleur-calibreur est constitué de : un moteur diesel (marque Viking de 3,5 CV) ; un mécanisme de réduction de la vitesse ; une trémie ; un dispositif de roulage-calibrage ; 4 bacs en plastique de récupération des produits roulés ; un capot en plexiglas qui protège le dispositif de roulage-calibrage. L'ensemble est supporté par un châssis en fer cornière de 40 mm. Le dispositif de roulage-calibrage est composé de 2 tambours rouleurs et de 3 tambours rouleurs-calibreurs

de mailles respectives 2, 2,5 et 3 mm. Les tambours sont solidaires d'un axe tournant à une vitesse de 30 à 40 tours/minute. Le moteur mis en marche imprime aux tambours un mouvement de rotation uniforme par le biais du dispositif de réduction de la vitesse. Dans le même temps, la pâte émottée à l'aide d'un tamis de maille 3 mm posée sur la trémie, tombe par gravité dans le premier tambour-rouleur sous forme de granule grossière. L'action combinée de la rotation du tambour d'une part et celle des frottements entre le tambour et les granules d'autre part impriment à ce dernier une forme régulière sphérique. Elles sont calibrées suivant leur diamètre à travers les mailles. La vitesse de rotation du tambour, la nature et la teneur en eau de la pâte de même que la qualité de l'émottage déterminent les performances du rouleur-calibreur.

### Méthodes

La figure 1 montre le processus général de production de wassa-wassa.

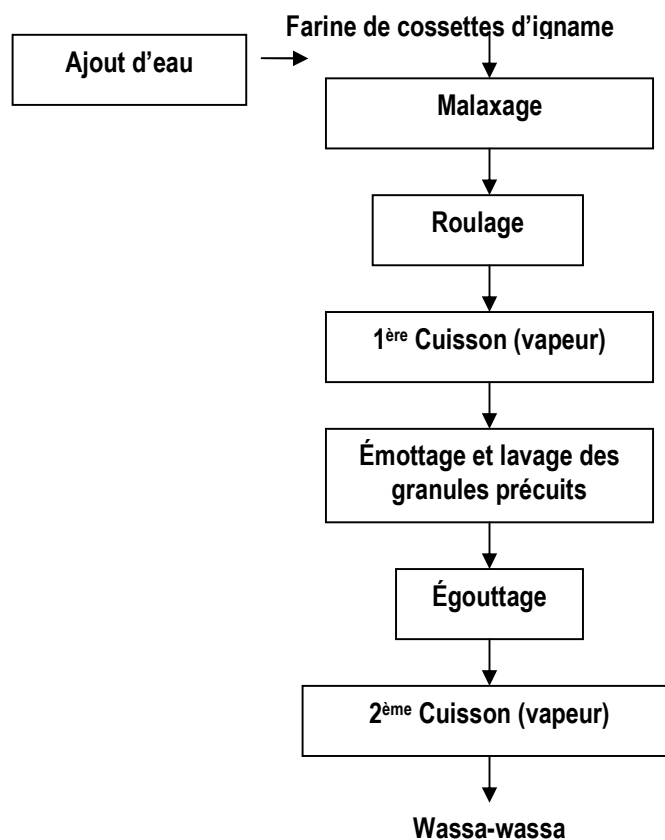


Figure 1. Diagramme technologique de production du wassa-wassa (méthode traditionnelle)

Source : Hounhouigan *et al.* (2004)

### Production du wassa-wassa

Deux méthodes de production du wassa-wassa ont été testées avec comme point de différence, la technique de roulage. Le roulage manuel par une transformatrice, à une teneur en eau moyenne de la farine de  $50,4 \pm 0,1$  % a servi de témoin. Deux (2) kg de farine de cossettes d'igname ont été utilisés par essai réalisé en 3 répétitions. Le roulage mécanique a été effectué sur la farine humidifiée dont on a varié la teneur en eau de 50 à 53 %. Les 2 types de roulage ont été mis en œuvre dans les mêmes conditions, au même moment, à chaque essai.

La quantité d'eau à ajouter à la farine de cossettes d'igname tamisée est calculée par la formule suivante proposée par Hounhouigan *et al.* (1999) :

**Qe = m (Hf – Hi) / 100 – Hf**, avec :

- Qe = quantité d'eau à ajouter à la râpure tamisée (g) ;
- m = masse de râpure tamisée (g) ;
- Hf = humidité finale désirée (%) ;
- Hi = teneur en eau de la râpure après le pressage et le tamisage (%).

Le roulage traditionnel des grains du wassa-wassa a été fait à l'aide du tamis traditionnel appelé « sassado » déposé sur une bassine. Une partie de la farine a d'abord été malaxée dans un récipient avec l'ajout d'environ  $1,3 \pm 5,5$  kg d'eau représentant une partie de la quantité d'eau utile pour humidifier 2 kg de farine de cossette d'igname à rouler. L'émottage et le roulage manuel de la pâte ont été faits à tâtons et de façon concomitante avec l'ajustement de l'humidité de la farine à  $50,4 \pm 0,1$  % au fur et à mesure du déroulement de l'opération. La transformatrice fait alors une réserve de farine et d'eau utilisable en cas de besoin. Le roulage mécanique comprend l'émottage manuel de la farine pétrie qui se fait à l'aide d'un tamis de 3 mm de diamètre déposé sur la trémie du rouleur. Les particules tombent dans la trémie et sont recueillies au niveau des tambours rouleurs et calibreurs pour leur roulage. Le wassa-wassa obtenu est séché à l'aide d'un séchoir électrique à  $76 \pm 3$  °C.

### **Séchage et reconstitution du wassa-wassa séché au four**

Les wassa-wassa obtenus à différents taux d'humidité (50 à 53 %) de la farine de cossette d'igname ont été séchés au séchoir électrique à une température de consigne de  $76$  °C  $\pm 3$  °C. Les grains séchés obtenus ont été utilisés aussi pour définir le rendement en grains utiles. L'échantillon de wassa-wassa utilisé pour la reconstitution provient d'une farine dont le roulage a été effectué à 52 % d'humidité. Les grains cuits ont une teneur en eau de  $71,7 \pm 0,02$  %. Deux méthodes de reconstitution ont été adoptées :

- 100 g de wassa-wassa séché sont humidifiés avec 220 g d'eau pendant 45 minutes. Ensuite le produit humidifié est cuit à la vapeur pendant 10 minutes (Hounhouigan *et al.*, 2004).
- 100 g de wassa-wassa séché sont préchauffés directement dans 500 ml d'eau pendant environ 3 minutes. Le produit est ensuite égoutté puis cuit à la vapeur durant 5 minutes.

### **Analyses physico-chimiques des produits**

La matière sèche et la teneur en eau sont déterminées par la méthode AFNOR (1991). La couleur des échantillons a été déterminée avec un chromatomètre 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  **$\Delta E$**  ont été utilisées pour la détermination de la couleur.

### **Granulométrie du wassa-wassa précuit et séché**

La granulométrie a été évaluée par la méthode décrite par Hounhouigan *et al.* (1999) et modifiée. Ainsi, 100 g de granules séchés de wassa-wassa ont été tamisés avec le tamiseur vibreur électronique Retsch type 200 digit, pendant 30 minutes. Deux tamis d'ouverture de maille décroissante du haut vers le bas (3,15 et 1 mm) ont été utilisés. Les contenus des tamis ont été ensuite pesés. Les pourcentages de refus et de passant ont été déterminés.

### **Evaluation sensorielle**

Un test triangulaire (Watt *et al.*, 1991) a été effectué sur du wassa-wassa obtenu par les 2 méthodes et cuit pour mettre en évidence les différences éventuelles existant entre les 2 produits. Le produit roulé mécaniquement est l'échantillon doublé. Le panel est composé de 20 dégustateurs.

Le test hédonique a permis de mesurer le degré d'acceptabilité du produit cuit roulé mécaniquement, obtenu à partir de la farine humidifiée à 52 % de teneur en eau. Le panel de dégustateurs est composé de 30 personnes. Les réactions des consommateurs pour chaque test ont été enregistrées à l'aide d'un questionnaire suivant une échelle d'annotation de 1 à 5 à savoir : 5 = j'aime beaucoup ; 4 = j'aime moyennement ; 3 = j'aime peu ; 2 = je suis indifférent ; 1 = je n'aime pas du tout.

### Analyse statistique des données

L'analyse de variance à 1 facteur contrôlé a été utilisée pour les rendements et les moyennes. Elle a été effectuée 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).

### Résultats et discussion

#### Rendement brut après le roulage manuel et le roulage mécanique des granules

Le tableau 1 récapitule le rendement brut, la capacité horaire à la granulation manuelle et mécanique et le rendement global en grains utiles de wassa-wassa à différentes teneurs en eau de la farine utilisée. Les rendements présentés dans ce tableau sont calculés par rapport à la farine de cossettes d'igname utilisée. Le tableau 1 montre que les rendements en grains base sèche augmentent avec l'élévation de la teneur en eau de la farine au roulage mécanique. Le rendement en grains à 50 % d'humidité de la farine et le rendement du roulage manuel sont similaires. A partir de 51 % d'humidité de la farine, les rendements sont différents du rendement obtenu manuellement. Cependant, on ne note pas de différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les rendements à 51 et 52 %, ni entre ceux à 52 et 53 %. En effet, l'analyse de variance à un facteur contrôlé donne  $p = 0,078 > P_0 = 0,05$  et  $p = 0,513 > P_0 = 0,05$ . Pourtant, le rendement à 53 % d'humidité est supérieur au rendement à 51 %. On a  $p = 0,014 < P_0 = 0,05$  ; il y a donc une différence significative à 5 % entre les deux rendements. C'est à 52 % d'humidité de la farine qu'on obtient le meilleur rendement brut avec le rouleur. Ces résultats sont quelque peu différents de ceux obtenus par Hounhouigan *et al.* (2004) qui ont enregistré le meilleur rendement en grains à 58 % d'humidité de la farine, en utilisant le rouleur AFREM à 45 tours/minute contrairement au rouleur calibreur utilisé dans cette étude et qui a une vitesse constante de 30 tours/minute.

**Tableau 1. Rendement brut, capacité horaire à la granulation manuelle et mécanique et rendement global en grains utiles de wassa-wassa à différentes teneurs en eau de la farine**

Caractéristiques	Roulage mécanique				Manuel
	50	51	52	53	
Humidité farine (%)	50	51	52	53	50,44
Rendement brut grains (bs) en %	85,30 ± 0,50	90,70 ± 0,40	94,90 ± 1,20	93,90 ± 0,10	86,90 ± 0,50
Capacité horaire de roulage en kg/h (bh)	20,80 ± 0,10	22,50 ± 0,10	24,10 ± 0,30	12,20 ± 0,01	4,80 ± 0,50
Rendement* (%) en grains séchés (grains utiles) (bs)	57,50 ± 0,00	63,40 ± 0,05	55,10 ± 0,20	51,50 ± 0,20	70,20 ± 0,03

bs = base sèche

bh = basse humide

\* Le rendement en grains séchés (grains utiles) a été obtenu à partir de 100 g de grains séchés.

La farine utilisée dans les tests conduits par Hounhouigan *et al.* (2004) provient de chips qui sont des rondelles d'igname de variété *kokoro* tranchées à l'aide d'une éminceuse permettant d'obtenir des tranches d'igname de faible épaisseur, ce qui assure un séchage rapide et efficace au produit. Les tranchettes ont été séchées au séchoir électrique. Les chips ont subi une pré-cuisson contrôlée de 20 minutes à 65°C.

La farine d'igname utilisée au cours de la présente étude est également issue de cossettes d'igname de la variété *kokoro* mais obtenues traditionnellement par séchage au soleil. Sa teneur en eau est de  $15,5 \pm 0,08$  %. Pour la pré-cuisson, les tranches d'igname ont été trempées dans de l'eau chauffée au seuil d'ébullition à environ  $85$  °C toute une nuit durant environ 8 à 10 h. Ces différences de traitement pourraient avoir modifié les caractéristiques physiques et chimiques des farines et leur comportement au roulage. Ainsi, grâce aux conditions de séchage optimum des chips dont elle provient, la farine utilisée par Hounhouigan *et al.* (2004) aurait un pouvoir d'absorption d'eau supérieur à celle utilisée dans la présente étude.

### **Capacité horaire à la granulation manuelle et mécanique du wassa-wassa**

On note une augmentation de la capacité horaire du rouleur pour des taux d'humidité compris entre 50 et 52 % (Tableau 1). En effet, cette capacité est passée de 20,8 kg de granules par heure (50 %) à 24,1 kg/h (52 % d'humidité) soit environ 5 fois la capacité du roulage manuel qui est de 4,8 kg/h. Au taux de 53 % d'humidité, cette capacité horaire décroît d'environ 50 % de sa valeur soit en moyenne 12,2 kg/h. On pourrait expliquer cela par le fait que plus la teneur en eau de la farine de cossette d'igname augmente, plus la cohésion de la pâte pétrie augmente. L'émottage par conséquent prend plus de temps. A 53 % de teneur en eau de la farine, la taille des grains paraît visiblement trop grosse pour être acceptée par des consommateurs avertis.

### **Rendement global en grains utiles de wassa-wassa**

Selon les travaux de Hounhouigan *et al.* (2004), la taille des grains utiles (ceux qui obéissent à la granulation de la méthode traditionnelle) de wassa-wassa dans la méthode traditionnelle est comprise entre 1 et 3,15 mm. Selon tableau 1, le rendement en grains utiles obtenu après la précuisson, le lavage, la cuisson, le séchage et le tamisage augmente avec l'augmentation de l'humidité de la farine de 50 à 51 % (de 57,5 à 63,4 %). A partir de 52 % d'humidité, ce rendement décroît pour atteindre 51,5 % à 53 % d'humidité. Le meilleur rendement en grains utiles est obtenu avec le roulage manuel (70,2 %). Ces résultats sont également différents de ceux obtenus par Hounhouigan *et al.* (2004) qui ont montré que c'est à partir de 58 % d'humidité qu'on observe une chute de rendement en grains utiles au roulage avec le rouleur AFREM.

### **Caractéristiques des produits cuits obtenus**

Le tableau 2 indique l'indice de brun ( $I_b = 100 - L^*$ ), la différence de couleur par rapport à la céramique blanche ( $\Delta E$ ) et la saturation en rouge ( $a^*$ ) du wassa-wassa roulé mécaniquement avec de la farine de différentes teneurs en eau et cuit et du wassa-wassa roulé manuellement et cuit.

**Tableau 2. Caractéristiques de couleur du wassa-wassa roulé manuellement cuit et du wassa-wassa obtenu mécaniquement à différentes teneurs en eau cuit**

Roulage	Produits cuits	Caractéristiques		
		$I_b$	$a^*$	$\Delta E$
mécanique	Wassa-wassa de farine à 50 % de teneur en eau	$55,8 \pm 0,4$	$4,2 \pm 0,1$	$55,9 \pm 0,15$
	Wassa-wassa de farine à 51 % de teneur en eau	$54,6 \pm 0,1$	$4,2 \pm 0,1$	$54,8 \pm 0,1$
	Wassa-wassa de farine à 52 % de teneur en eau	$53,4 \pm 0,05$	$4,4 \pm 0$	$53,6 \pm 0,1$
	Wassa-wassa de farine à 53 % de teneur en eau	$55,4 \pm 0,05$	$4,6 \pm 0$	$55,5 \pm 0,1$
manuel	Wassa-wassa à 50,4 % de teneur en eau	$54,3 \pm 0,05$	$4,5 \pm 0,1$	$54,5 \pm 0,1$

L'indice de brun du wassa-wassa cuit diminue avec l'augmentation de la teneur en eau de la farine passant de 55,8 pour 50 % à 53,4 pour 52 % ; par conséquent, la clarté des wassa-wassa obtenus par le roulage mécanique s'améliore. Toutefois, on note une augmentation de l'indice de brun de ce wassa-wassa cuit à 53 % de teneur en eau de la farine. Cela serait dû à la taille des grains qui, relativement plus gros mettraient plus de temps à cuire. On constate comme Hounhouigan *et al.* (2004), une stabilisation de la couleur du wassa-wassa cuit malgré l'augmentation de la teneur en eau de la farine.

On note une différence significative entre la valeur de l'indice de brun du wassa-wassa cuit obtenu à 52% de teneur en eau de la farine (lb le plus faible) et celle du wassa-wassa cuit obtenu à 51 % d'humidité (qui a donné le meilleur rendement en grains utiles de  $70,2 \pm 0,03$  %). En effet, l'analyse de variance à un facteur contrôlé donne  $p=0,09 < 0,05$ . Le wassa-wassa de la farine de 52 % de teneur en eau (qui donne le meilleur rendement brut en granules de  $94,9 \pm 1,2$ ) a une clarté meilleure par rapport au wassa-wassa de 51 % de teneur en eau. Cette différence de coloration s'observe aussi d'une vendeuse de wassa-wassa à une autre et les produits plus clairs sont les plus attirants. Il est donc nécessaire que le rouleur puisse subir des modifications au niveau des mailles ou une variation au niveau de la pente pour qu'à 52 % de teneur en eau de la farine, on puisse obtenir également le meilleur rendement en grains utiles. La différence totale de couleur ( $\Delta E$ ) diminue également avec l'augmentation de la teneur en eau de la farine de cossette de 50 à 52 %. Le wassa-wassa roulé manuellement a quant à elle, un indice de brun de  $54,3 \pm 0,05$  et un  $\Delta E$  de  $54,5 \pm 0,1$ . On peut conclure alors que, par rapport à tous les échantillons de wassa-wassa préparés, celui obtenu avec de la farine à 52 % de teneur en eau et cuit est le moins brun. Ceci va lui conférer une bonne qualité marchande.

### **Effet sur les caractéristiques sensorielles**

Les résultats du test de comparaison du wassa-wassa roulé mécaniquement à 52 % de teneur en eau de la farine et cuit et le wassa-wassa roulé manuellement et cuit sont consignés dans le tableau 3. On a enregistré 24 réponses correctes (les dégustateurs qui ont reconnu l'échantillon unique) pour deux répétitions. Les deux produits sont statistiquement différents au seuil de 5 %. Le critère de différenciation mentionné par les dégustateurs qui est significatif au seuil de 5 % ( $p = 0,001 < P_0 = 0,05$ ) porte sur la taille plus grosse des grains du wassa-wassa roulé mécaniquement (57 % des dégustateurs). Ce résultat n'est pas en faveur du roulage mécanique et concorde avec les résultats du tamisage des grains séchés de wassa-wassa. Avec la correction suggérée plus haut, plus de grains seront convoyés vers les mailles de 2,5 et 3 mm de diamètre des tambours-rouleurs, ce qui permettra de minimiser le pourcentage de grains non calibrés.

**Tableau 3. Résultats du test triangulaire sur le wassa-wassa traditionnel et le wassa-wassa roulé mécaniquement cuit**

Réponses	Répétitions		Total	Taux (%)
	T1	T2		
Correctes (dégustateurs ayant reconnu l'échantillon unique)	12	12	24	60,00
Incorrectes (dégustateurs qui n'ont pas reconnu l'échantillon unique)	8	7	15	37,50
Non exprimées	0	1	1	2,50
Total participants	20	20	40	100,00
Taille des grains	11	12	23	57,00
Couleur plus brune	6	6	12	30,00
Goût amer	3	4	7	17,00

Les résultats de l'étude d'acceptabilité du wassa-wassa roulé mécaniquement avec de la farine à 52 % de teneur en eau (Tableau 4) montrent que, 24 % aimaient beaucoup, 41 % ont moyennement aimé, 8 % étaient indifférents et 16 % ont aimé peu ; 11 % n'ont pas du tout aimé le produit.

Les critères pour lesquels les dégustateurs n'ont pas aimé sont, le goût fade (11 %) et le goût amer (6 %). Mais le goût légèrement amer et le goût fade caractérisent d'habitude le wassa-wassa ; ce qui ne gêne guère les populations qui le consomment. Que certains dégustateurs n'aient pas le produit pour ces deux critères peut s'expliquer par le fait qu'ils étaient en face d'un produit qui ne rentre pas encore dans leurs habitudes alimentaires. Toutefois selon Hounhouigan (2000), le wassa-wassa est consommé accompagné tout au moins, de piment sec, de l'huile et du sel.



**Tableau 4. Résultat du test hédonique sur le wassa-wassa roulé mécaniquement avec la farine à 52 % de teneur en eau**

Critères	T1	T2	T3	Total	Taux (%)
<b>Identification du produit</b>					
Ont identifié	17	18	18	53	59
N'ont pas identifié	13	12	12	37	41
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
Connaissent le nom	20	16	17	53	59
Ne connaissent pas nom	10	14	12	37	41
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
<b>Acceptabilité du seul produit</b>					
Aime beaucoup	8	7	7	22	24
Aime moyennement	13	12	12	37	41
Suis indifférent	4	2	1	7	8
Aime peu	2	7	5	14	16
N'aime pas du tout	3	2	5	10	11
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
<b>Critères selon lesquels les consommateurs n'aiment pas du tout le produit</b>					
Goût fade	4	3	3	10	11
goût amer	0	3	2	5	6
couleur claire	1	1	1	3	3

## Conclusion

Ce test sur le rouleur a permis de montrer qu'il est possible d'adapter sur place des équipements pour la levée de certaines contraintes qui freinent le développement des technologies traditionnelles africaines. Des essais en milieu réel auprès de transformatrices ayant de grandes capacités de production devraient permettre d'éprouver l'équipement sur le plan de la consommation en carburant, la capacité horaire et la résistance. Cela permettrait également d'aborder les questions de rentabilité de l'équipement.

## Remerciements

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

## Références bibliographiques

- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1991 : Contrôle de la qualité des produits aliments. Céréales et produits céréaliers. Recueil de normes françaises, AFNOR – DGCCRF, 3è éd., 360 p.
- Agbangla Ch. B., C., C. Ahanhanzo, T. Errabii, M. Idaomar, J. Abrini, N. Skali-Senhaji, 2008. *In vitro* culture techniques as a tool of sugarcane bud germination study under salt stress. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (20), pp. 3680-3682.
- Ahanhanzo C., C. Agbangla, F. Toukourou, A. Dansi, O. Dainou, 2003 : Microbouturage et conservation in vitro des ressources génétiques d'igname cultivées au Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 6 (1), 89-102.
- Ahanhanzo C., C. Agbangla, D. Agassounon, M. Tchibozo, G. Cacaï, K. Dramane, 2008a : Etude comparative de l'influence des régulateurs de croissance sur la morphogénèse (*in vitro*) de quelques variétés de *Manihot esculenta* Crantz (*manioc-euphorbiaceae*) du Bénin. *Rev. CAMES - Série A*, Vol. 07, 40-45.
- Ahanhanzo C., C. Agbangla, J. Dangou, F. Toukourou, A. Dansi, D. Montcho, 2008b. Influence du chlorure mercurique et de la cytokinine sur la survie et la morphogenese in vitro d'explants de différents génotypes d'igname (*Dioscorea* spp) *Annales des sciences Agronomiques du Bénin* 11 (1) 33-47.

- Bricas, N., Vernier, P., 2000 : Perspectives pour la filière igname. Le système cossette lève plusieurs contraintes. In "Bulletin du réseau Technologie et partenariat en agroalimentaire" n° 18 décembre 2000, 31.
- Dansi A., H. D. Mignouna, J. Zoundjihékpon, A. Sangare, R. Assiedu, M. Quin, 1999: Morphological diversity, cultivar groups and possible descent in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata* complex) of Benin Republic. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 46, 371-388.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 2005 : Annuaire de production, 2005, Rome, Italie.
- Foua-Bi, K., 1993 : Les altérations post-récoltes des fruits, des tubercules, rhizomes et racines. Atelier sur les problèmes de stockage des fruits, tubercules et autres denrées périssables tenu à Yamoussoukro, du 22-26/11/1993, 24 p.
- Gandonou Ch., T. Errabii, J. Abrinini, M. Idaomar, F. Chibi, N. Skali Senhaji, 2005: Effect of genotype on callus induction and plant régénération from leaf explants of sugarcane (*Saccharum* sp.). *African Journal of Biotechnology*, Vol. 4 (11), 1250-1255.
- Hinvi, J. C., Nonfon, R., 2000 : La production et la commercialisation des semenceaux d'igname à Ouaké (Bénin) : une nécessité de plus en plus incontournable. Dans Ebet A.W. et Djinandou I.K. (eds)-l'igname et la pomme de terre en Afrique de L'Ouest. Actes de séminaire, WASDU, Accra, 81-89.
- Hounhouigan D. J., P. Kayodé, C. M. Nago, C. Mestres, 1999: Étude de la mécanisation du décorticage du maïs pour la production du mawè. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*. 2, 99–113.
- Hounhouigan, J., 2000 : Le wassa-wassa, un couscous apprécié mais difficile à obtenir. CERNA, FSA, Univ. Nat. Bénin. In " Bulletin du Réseau ATP " n°18, décembre 2000, 31.
- 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 de d'igname. Rapport de recherche. FSA, Univ. Abomey-Calavi, PDRT, 19 p.
- Khoda Ndiaye, W., 1999 : Un granuleur pour réhabiliter les céréales locales. La voix de la recherche du sud. Le CRDI EXPLORE.
- Montcho, D., 2004. Impact des facteurs chimiques sur la multiplication in vitro de quelques génotypes d'igname du Bénin. Mémoire de DEA biotechnologies, FAST/UAC, Bénin, 42 p.
- Saharan V., R. C. Yadav, R. N. Yadav, B. P. Chapagain, 2004: High frequency plant regeneration from desiccated calli of indica rice (*Oryza sativa* L.). *Afr. J. Biotechnol.* 3 (5), 256-259.
- 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.
- 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.