

Évaluation en milieu réel des performances mécaniques et incidences socio-économiques d'une presse hydraulique motorisée pour la transformation du manioc

**Koéssi Lié Barnabé ZOKPODO^{1*}, Ephrème Dossavi DAYOU¹, Paul HOUSSOU²
et Agossou HOUNYEVOU KLOTUE²**

¹ Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Ecole d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement, 01 BP 526 Cotonou, Bénin

² Institut National des Recherches Agricoles au Bénin, Programme Technologie Agricole Alimentaire, 01 BP 2359 Cotonou, Bénin

* Correspondance, courriel : bzokpodo@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer en milieu réel les performances techniques de la presse hydraulique motorisée mise au point par le Programme Technologie Agricole Alimentaire de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (PTAA / INRAB). La méthode d'étude a consisté à une comparaison entre la presse motorisée et la presse à vis manuelle. La teneur en eau de la râpure de manioc, le taux d'amidon dans l'effluent de pressage, la capacité et la consommation horaire et la rentabilité des presses ont été évalués. Une analyse sensorielle du gari produit par chaque presse a été effectuée. Les résultats des évaluations ont montré que le pressage de 40 kg de pulpe de manioc nécessite une pression de $53,67 \pm 2,33$ bars donnant un taux d'humidité de $46,67 \pm 0,30$ % de la pulpe pressée. La capacité horaire et le taux d'amidon dans l'effluent de pressage sont respectivement de $459,77 \pm 0,4$ kg et $3,43 \pm 0,35$ %. Par contre pour le pressage simultané de 5 sacs de 40 kg, la pression vaut $74 \pm 0,58$ bars et $47,47 \pm 0,36$ % pour le taux d'humidité. La capacité horaire et le taux d'amidon sont successivement de $476,19 \pm 24$ kg et $3,28 \pm 0,08$ %. La marge nette dégagée est de 39 FCFA / kg de gari. Par ailleurs, la presse hydraulique motorisée est 15 fois plus rapide que la presse manuelle pour presser la pulpe de manioc. La nouvelle technologie de pressage n'a pas eu d'effets négatifs sur la qualité sensorielle du gari produit.

Mots-clés : *manioc, pulpe, presse motorisée, gari, Bénin.*

Abstract

Assessment in real environment of mechanical performances and socioeconomic impacts of a motorized hydraulic press for cassava processing

The objective of this study is to evaluate the technical performance of the hydraulic press developed by the Program Agricultural and Food Technologies of the National Institute of Agricultural Research of Benin (PTAA / INRAB). The study method consisted of a comparison between the motorized press and the manual screw press. The water content of the cassava pulp, the starch content in the pressed effluent, the capacity and the hourly consumption and the profitability of the presses were evaluated. A sensory analysis of the

cassava flour produced by each press was carried out. The results of the evaluations showed that the pressing of 40 kg of cassava pulp requires a pressure of 53.67 ± 2.33 bar giving a moisture content of 46.67 ± 0.30 % of the pressed pulp. The hourly capacity and the starch content in the pressed effluent are respectively 459.77 ± 0.4 kg and 3.43 ± 0.35 %. On the other hand, for the simultaneous pressing of 5 bags of 40 kg, the pressure is 74 ± 0.58 bar and 47.47 ± 0.36 % for the moisture content. The hourly capacity and the starch content are successively 476.19 ± 24 kg and 3.28 ± 0.08 %. The net margin generated is 39 FCFA / kg of cassava flour. In addition, the hydraulic press is 15 times faster than the hand press to press the cassava pulp. The new pressing technology had no negative effects on the sensory quality of the cassava flour product.

Keywords : *cassava, pulp, motorized press, cassava flour, Benin.*

1. Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta Crantz*) fait partie des principales plantes à racines et tubercules amylacés cultivées dans le monde. L'Afrique est le premier producteur mondial de manioc avec une production de plus de 145 millions de tonnes en 2011 [1] dont la quasi-totalité, utilisée comme culture de subsistance par excellence, est consacrée à l'alimentation des populations [2]. Au Bénin, le manioc est l'une des plus importantes cultures dont la production a été estimée à plus de 3,6 millions de tonnes en 2011 [1]. Par ailleurs, le manioc s'impose désormais comme une culture de première importance dans les nouvelles stratégies de développement agricole du pays. Malheureusement, le secteur reste encore caractérisé par une faible productivité. Le véritable problème lié à la production du manioc est celui de stockage. Pour lever cette contrainte, la transformation du manioc en divers produits longtemps conservables s'avère indispensable. En effet, la transformation en produits secs abaisse leur teneur en eau et les rend moins périssables et plus stables. Au-delà de la facilité de transport de ce produit sec facilitée par son volume réduit, la transformation permet d'éliminer ou de réduire sa teneur en cyanure et d'améliorer la saveur des préparations dans lesquelles il intervient [3]. Malgré son importance dans le processus de conservation, la transformation du manioc en gari demeure toujours artisanale, et exécutée par les femmes selon une technologie entièrement manuelle. Les différentes étapes de la production du gari nécessitant plus d'effort physique, en occurrence celle du pressage, sont encore manuelles. Pour faire face aux principales insuffisances de cette technologie traditionnelle (durée, pénibilité, faible productivité), une variante technologique (procédé dit amélioré) a été mise au point. Elle consiste notamment en une mécanisation du râpage et du pressage et l'utilisation de foyers de cuisson améliorés [4]. Afin de motoriser cette activité et de faciliter la rapidité des travaux dans les unités à forte production pour pallier les insuffisances de la presse à vis manuelle, l'introduction d'une presse motorisée devient une nécessité. C'est dans cette dynamique de contribution à l'amélioration de la technologie de pressage mécanique de la pulpe de manioc que le Programme Technologie Agricole Alimentaire de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (PTAA / INRAB) a développé une presse hydraulique motorisée. L'objectif de la présente étude est d'évaluer en milieu réel les performances mécaniques et incidences socio-économiques de la presse hydraulique motorisée en vue d'améliorer la technologie actuelle de pressage utilisée lors de la transformation du manioc.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Les variétés de manioc [BEN 86052] et [TMS 30572A] de douze à quinze mois d'âge, disponibles en grande quantité dans la localité d'implantation de la presse hydraulique et utilisées par les producteurs de gari et de la farine panifiable, ont été utilisées.

2-2. Matériel de pressage

Le matériel utilisé pour le pressage dans le cadre de la présente étude est constitué de la presse à vis manuelle et du prototype de la presse hydraulique motorisée conçue pour le pressage en discontinu de la pulpe de manioc préalablement ensachée dans des sacs en polypropylène (*Figure 1*). Les performances de cette presse hydraulique sont comparées à celles de la presse à vis manuelle actuellement utilisée par les producteurs.



Figure 1 : *Presse hydraulique motorisée (a) et presse à vis manuelle (b)*

2-3. Matériel de mesure et de laboratoire

Le manomètre dont est munie la presse a permis de suivre l'évolution de la pression fournie par le système. Les longueurs du châssis et les tuyauteries sont prises à l'aide d'un mètre. Un pied à coulisse a été utilisé pour mesurer les diamètres et épaisseurs des tuyaux et profilés. Un chronomètre a permis d'évaluer la durée des opérations. Les plats, verres, cuillères et fourchettes jetables ont servi pour la réalisation de l'analyse sensorielle. Les tubes à essais, des pipettes, les creusets, la balance de précision et l'étuve sont les principaux matériels de laboratoire utilisés au cours de cette étude.

2-4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental comporte deux traitements et trois répétitions. Il s'agit de :

- Traitement T_1 : pressage avec la presse à vis manuelle;
- Traitement T_2 : pressage avec la presse hydraulique motorisée.

Ces deux traitements ont été réalisés chacun avec deux niveaux, en variant les chargements en quantité de pulpe de manioc pressée, c'est-à-dire d'abord un sac contenant 40 kg de pulpe de manioc (chargement minimal de pressage) puis un chargement de 200 kg équivalant au chargement maximal de la cage (test d'optimisation). Les sacs superposés sont séparés par des plateaux métalliques de pressage pour la presse motorisée. Avant les opérations de pressage, les opérations ci-après ont été exécutées dans cet ordre : pesage, épluchage, lavage et râpage du manioc, pesage de la pulpe. Avant et après les pressages, la teneur en eau de la pulpe de manioc a été déterminée. Le taux d'amidon dans l'effluent a été ensuite évalué. Les échantillons ainsi traités ont été transformés en gari.

2-5. Teneur en eau des échantillons de la pulpe de manioc avant et après le pressage et taux d'amidon dans l'effluent de pressage

La teneur en eau (H) est déterminée suivant la méthode A.A.C.C, (1984) : 5 g d'échantillon sont introduits dans un creuset vide préalablement séché et pesé. Après séchage à l'étuve à 105°C pendant 48 heures, l'ensemble

creuset et échantillon séché est pesé à nouveau et la teneur en eau de l'échantillon est obtenue suivant la **Formule** :

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \cdot 100 \quad (1)$$

H étant la teneur en eau de la râpure de manioc en (%), m_1 la masse (g) du creuset avec couvercle + échantillon avant séchage, m_2 la masse (g) du creuset avec couvercle + échantillon après séchage, m_3 la masse (g) de l'échantillon après séchage.

L'effluent issu de chaque pressage a été collecté et son volume mesuré. Trois échantillons de 1000 mL chacun ont été prélevés avec des tubes à essai puis laissés au repos pendant trois (03) heures pour permettre une sédimentation de l'amidon en suspension. Ensuite, la masse et le volume du surnageant et de l'amidon issus de ces échantillons ont été mesurés. La masse volumique du surnageant dans les échantillons d'effluent traités a été calculée. La masse moyenne de l'amidon par unité de volume a été également calculée. Ce résultat a permis de déterminer la quantité de l'amidon (M_a) rejetée dans le volume d'effluent issu du pressage d'une quantité (M_p) de pulpe de manioc. Ces mesures ont été répétées trois (03) fois. Le taux moyen d'amidon (T_a) refoulé dans l'effluent de pressage a été évalué par la relation :

$$T_a = \frac{M_a}{M_p} \cdot 100 \quad (2)$$

2-6. Caractéristiques fonctionnelles de la presse hydraulique motorisée

Les performances de la presse hydraulique motorisée ont été appréciées suivant la capacité horaire, la pression de pressage, la teneur en eau de la pulpe de manioc après pressage et le taux d'amidon dans le jus de pressage par rapport à la masse de pulpe pressée. La capacité horaire est la quantité de pulpe de manioc pressée en une heure de pressage. Elle est exprimée comme suit :

$$Ch = \frac{M_p \cdot 60}{t_p} \quad (3)$$

M_p étant la masse de pulpe pressée (kg) et t_p le temps de pressage (min).

La consommation horaire est la quantité de carburant consommée par le moteur pour effectuer un travail en une heure. Si Q est la quantité de carburant consommée pour effectuer un travail pendant une durée T , la consommation horaire C_{th} est déterminée par la **Formule** :

$$C_{th} = \frac{Q}{T} \quad (4)$$

2-7. Évaluation financière de l'équipement

Les données collectées sont relatives aux aspects économiques des éléments entrant dans le processus de transformation. Plus précisément, il s'agit des différentes opérations technologiques, des durées et coûts des opérations, des quantités de manioc traitées et leurs rendements en gari, des quantités de main-d'œuvre et autres consommations intermédiaires utilisées. Les prix des petits équipements et ustensiles

(bassines, marmites, sacs, paniers, etc.), des coûts liés aux constructions (hangar) et foyer, le prix d'achat de la presse hydraulique et les charges y afférentes ont été aussi évalués. Le seuil de rentabilité a été calculé suivant la méthode développée par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) en 1998 utilisée par (1). Ainsi, le seuil de rentabilité en chiffre d'affaire (SR_{CA}) est calculé par la **Formule** suivante :

$$SR_{CA} = \frac{\text{Coûts fixes annuels} \times \text{revenu}}{\text{Marge sur coût variable}} \times 100 \quad (5)$$

La marge sur coût variable est :

$$\text{Marge sur coût variable} = \text{Recette} - \text{coûts variables} \quad (6)$$

Dans le calcul de marge sur coût variable, les coûts préliminaires regroupent les frais de récolte du manioc, de transport et de manutention. Les coûts de transformation prennent en compte les coûts de râpage, de pressage et de main-d'œuvre liée aux autres opérations (épluchage, lavage, émiétage-tamissage, cuisson). Le pourcentage de la capacité utilisée encore appelé ratio du seuil de rentabilité indique le pourcentage de la production pour lequel la marge sur coût variable couvre les coûts fixes. Le risque augmente avec un pourcentage de capacité augmentant ; un pourcentage bas (maximum = 1) donne un niveau de sécurité contre des difficultés d'exploitation imprévisibles. Lorsque la valeur de cette capacité tend donc vers 1, il y a risque ou l'unité ne peut plus rentabiliser l'équipement utilisé. Ce pourcentage est calculé par la **Formule** suivante :

$$\% \text{capacité utilisée} = \frac{SR_{CA}}{\text{Chiffre d'affaire (revenu)}} \times 100 \quad (7)$$

Dans le calcul du seuil de rentabilité, les coûts fixes sont constitués des amortissements annuels de la râpeuse motorisée (durée de vie 5 ans), de la presse (durée de vie 8 ans), des petits équipements, du hangar et des foyers. La quantité seuil s'exprime comme suit :

$$\text{Quantité Seuil} = \% \text{ Capacité utilisée} \times \text{Capacité théorique} \quad (8)$$

2-8. Évaluation sensorielle du produit final (gari)

Afin de tester l'effet de la presse hydraulique motorisée sur le produit final, le gari obtenu à partir de la presse hydraulique et celui issu de la presse à vis ont été soumis à l'appréciation d'un panel de dégustateurs constitué de 30 personnes. Le test hédonique a été réalisé pour déterminer le degré d'appréciation des dégustateurs pour les deux gari en se servant de l'échelle à 9 catégories. Un échantillon de 10 g de chaque gari a été présenté simultanément à chaque dégustateur dans des tasses en polystyrène avec couvercles.

2-9. Analyses statistiques

Après l'évaluation, les résultats sont présentés sous forme de **Tableau** et soumis à une comparaison de moyenne. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SPSS 16.0. Le test t de Student a été utilisé. Les différences sont considérées comme significatives à 95 % de l'intervalle de confiance ($P < 0,05$).

3. Résultats

3-1. Pression de pressage

Une comparaison des pressions de pressage pour différentes quantités de râpures et pour des pressions de pressage en milieu réel et en station a été faite. En milieu réel, la pression moyenne de pressage de 40 kg de pulpe de manioc est de $53,67 \pm 2,33$ bars contre $74 \pm 0,58$ bars pour le pressage de 200 kg. Une comparaison de ces pressions de pressage révèle une différence significative entre elles. La comparaison des pressions obtenues en milieu réel avec celles obtenues en station est consignée dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Comparaison des pressions de pressage (en bar) en station et en milieu réel

Quantité de pulpe pressée	Milieu d'étude		Moyenne
	Milieu réel	Station	
Pressage de 40 kg	$53,67 \pm 2,33^{NS}$	$51,67 \pm 1,53^{NS}$	$52,67 \pm 1,93$
Pressage de 200 kg	$74 \pm 0,58^{NS}$	$72,33 \pm 2,52^{NS}$	$73,165 \pm 1,55$

Il est constaté à partir du **Tableau 1** qu'il n'y a pas de différences significatives ($p > 0,05$) entre les pressions de pressage obtenues en milieu réel et celles obtenues en station, respectivement pour le pressage de 40 kg et 200 kg de pulpe de manioc. La **Figure 2** indique la variation des pressions de pressage en fonction du temps.

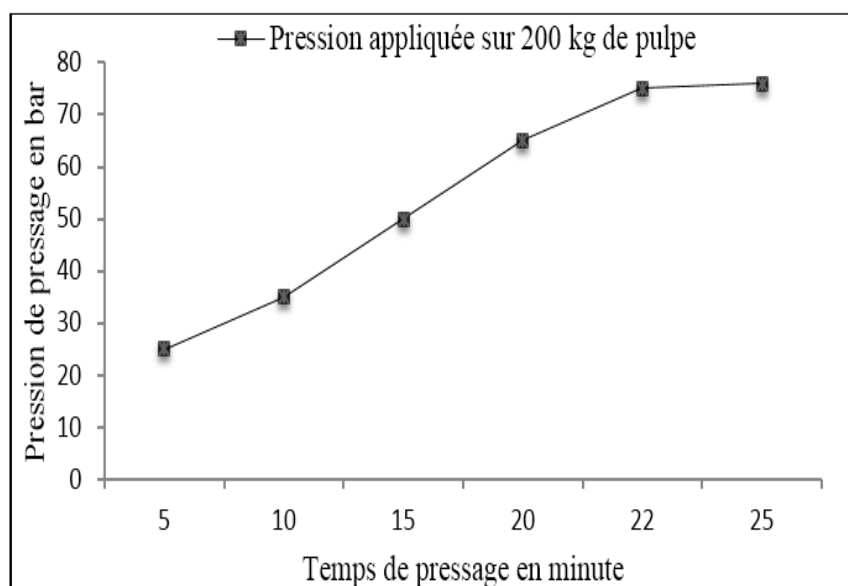


Figure 2 : Évolution des pressions de pressage sur 200 kg de pulpe

Il est noté une augmentation de la pression de pressage au fur et à mesure que le temps évolue.

3-2. Durée des opérations de pressage

Le **Tableau 2** montre une comparaison effectuée pour les durées de pressage et les temps de chargement et de déchargement en fonction de la technologie et de la quantité de pulpe de manioc pressée.

Tableau 2 : Récapitulatif des durées des opérations par technologie en minute (min)

	P _{Hm}	P _{Vm}	P _{Hm}	P _{Vm}
	40 kg		200 kg	
Charges				
Temps de pressage ^(*)	5,22 ^a	100,2 ^b	25,2 ^c	439,8 ^d
Temps de chargement ^(*)	6,42 ^a	6,12 ^a	20,88 ^b	19,68 ^b
Temps de déchargement ^(*)	1,98 ^a	2,28 ^a	4,02 ^b	3,78 ^b
Durée totale	13,62 ^a	108,6 ^b	50,1 ^c	463,26 ^d

PHm : presse hydraulique motorisée ; PVm : presse à vis manuelle

« Les chiffres portant différentes lettres sur la même ligne sont significativement différents au seuil de 5 %. »

L'analyse des résultats du **Tableau 2** montre qu'il existe une différence significative entre les durées de pressage des différentes quantités de pulpe de manioc (40 kg et 200 kg) pour chaque technologie. Par ailleurs, pour le pressage de 40 kg de râpure, la presse hydraulique motorisée permet un gain de temps, soit $5,22 \pm 0,01$ min contre $100,2 \pm 0,33$ min à la presse à vis manuelle. Cette différence est davantage plus élevée (respectivement $25,2 \pm 0,12$ min contre $439,8 \pm 0,33$ min) lorsqu'on presse 200 kg de pulpe de manioc.

3-3. La capacité horaire des technologies

Les résultats du **Tableau 2** ont permis de calculer les capacités horaires selon le type de presse et le milieu d'étude, comme indiqué dans le **Tableau 3**.

Tableau 3 : Capacité horaire (kg / h) par presse

Quantité de pulpe pressée	P _{Hm}		P _{Vm}
	Milieu réel	Station	
Pressage de 40 kg ^(*)	$459,77 \pm 0,4^a$	$407,62 \pm 68,89^b$	$23,95 \pm 0,2^c$
Pressage de 200 kg ^(*)	$476,19 \pm 24^a$	$645,82 \pm 54,36^b$	$27,28 \pm 0,9^c$
Moyenne	$467,98 \pm 12,2$	$526,72 \pm 61,63$	$25,615 \pm 0,55$

« Les chiffres portant différentes lettres sur la même ligne sont significativement différents au seuil de 5 %. »

Pour le pressage de 200 kg de pulpe de manioc, on obtient une capacité horaire moyenne de 476,19 kg pour la presse hydraulique motorisée contre 27,28 kg pour la presse à vis manuelle. L'analyse du **Tableau 3** révèle une différence significative entre les traitements et suivant le milieu d'étude.

3-4. Teneur en eau de la pulpe de manioc

La teneur en eau de la pulpe après pressage influence la durée de cuisson du gari. Le **Tableau 4** donne les taux d'humidité de la pulpe après pressage en fonction de la quantité pressée, la technologie utilisée et le milieu d'expérimentation.

Tableau 4 : Variation du taux d'humidité (en %)

Quantité de pulpe pressée	Râpure initiale	P _{Hm}		P _{Vm}
		Milieu réel	Station	
Pressage de 40 kg ^(NS)	58,89 ± 0,20	46,67 ± 0,30 ^a	46,40 ± 1,16 ^a	46,19 ± 0,23 ^a
Pressage de 200 kg ^(*)	58,89 ± 0,20	47,47 ± 0,36 ^a	48,12 ± 1,37 ^a	45,10 ± 0,47 ^b
Moyenne	58,89 ± 0,20	47,07 ± 0,33	47,26 ± 1,27	45,50 ± 0,48

« Les chiffres portant différentes lettres sur la même ligne sont significativement différents au seuil de 5 %. »

Le **Tableau 4** montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le taux d'humidité de la râpure pour les deux technologies lorsqu'on presse 40 kg. Par contre, on note une différence significative lorsqu'il s'agit de 200 kg de râpure pressée. Le **Tableau 4** indique que la variation des quantités de râpure pressée en milieu réel n'a pas eu un effet significatif sur les taux d'humidité. Par ailleurs, une comparaison des performances de réduction de la teneur en eau obtenue en milieu réel à celles obtenues en station n'a révélé aucune différence significative.

3-5. Taux d'amidon dans l'effluent issu du pressage

Le **Tableau 5** montre la proportion d'amidon rejetée dans l'effluent issu du pressage.

Tableau 5 : Taux d'amidon dans l'effluent issu de pressage (en %)

Quantité de pulpe pressée	Milieu d'étude	
	Milieu réel	Station
Pressage de 40 kg ^(NS)	3,43 ± 0,35	3,35 ± 0,36
Pressage de 200 kg ^(NS)	3,28 ± 0,08	3,22 ± 0,41
Moyenne	3,35 ± 0,22	3,285 ± 0,39

^(NS) : Non significatif au seuil de 5 %

L'analyse statistique du **Tableau 5** ressort qu'il n'y a pas de différence significative d'une part entre le taux d'amidon selon qu'on presse 40 kg ou 200 kg de pulpe de manioc ; et d'autre part selon que l'expérience ait lieu en milieu réel ou en station.

3-6. Consommation horaire de la presse hydraulique motorisée

La consommation horaire du moteur SIFANG pour le pressage de la pulpe de manioc est évaluée à 0,8 litre / heure ; soit une capacité théorique de 0,2 litre / tonne de râpure ou 0,17 litre / tonne de racines de manioc brut.

3-7. Coût d'utilisation horaire de la presse hydraulique motorisée

En se basant sur la durée d'utilisation effective égale à 300 heures par an au sein de l'unité de transformation, les charges fixes et variables relatives à la presse motorisée se présentent comme l'indique le **Tableau 6**.

Tableau 6 : Répartition des charges par heure d'utilisation

Charges	P _{Hm}
Charges fixes / h	1500 FCFA
Charges variables / h	1485 FCFA
Dépenses / h	2985 FCFA

Dans ce coût total, la part de l'amortissement qui est de 770 FCFA / h permettra d'avoir le revenu nécessaire pour acheter une nouvelle presse lorsque celle en cours devra être remplacée après les huit ans d'utilisation.

3-8. Seuil de rentabilité de la presse hydraulique motorisée

L'évaluation financière de la presse a été effectuée suivant les indicateurs de performance que sont les marges brutes et le seuil de rentabilité. La presse hydraulique d'une valeur de 1837218 FCFA est amortie sur 8 ans avec 12 % d'intérêt ; et une transformation moyenne de 500 T / an d'après le cahier de charge du producteur. Le rendement moyen du gari obtenu est de 22,4 % à partir de racines de manioc brut. Le résultat des calculs est présenté dans le **Tableau 7**.

Tableau 7 : Rentabilité d'une unité de production utilisant la presse hydraulique motorisée

Désignation	Frais annuels
Charges fixes	
Presse hydraulique motorisée	257215
Râpeuse	89600
Petits matériels et ustensiles	110000
Atelier de transformation	62500
Total charges fixes	519315
Charges variables	
Achat de manioc	22000000
Achat de fagot	1200000
Main d'œuvre (pour toute activité)	3430000
Carburant	156750
Lubrifiant	57600
Huile hydraulique	68765
Réparation et entretien	110000
Transport	1560000
Total charges variables	28697915
Total coût de production	29217230

Recettes	Quantité (kg)	de	gari	produit 112000
Montant de vente de gari (FCFA)				39600000
Total des recettes				33600000
Marge sur coût variable (FCFA)				4902085
Marge sur coût variable unitaire (FCFA/kg de gari)				43,77
Marge nette (FCFA)				4382770
Marge nette unitaire (FCFA/kg de gari)				39
Prix de revient (FCFA)				261
Seuil de rentabilité				3638906,6
%capacité utilisé				10,83
Capacité théorique (tonne/an)				1594
Quantité seuil (tonne)				173

D'après le **Tableau 7**, les charges fixes ne représentent que 1,78 % des dépenses totales contre 98,22 % pour les charges variables. Le pouvoir de transformation (500 T / an) de cette unité de transformation lui permet un gain de 39 FCFA sur 1 kg de gari produit. Par ailleurs, la capacité utilisée (10,83 %) et la quantité seuil (173 T) conduisent à l'évidente rentabilisation des équipements au sein de ladite unité.

3-9. Évaluation sensorielle du produit : le test hédonique

La **Figure 3** montre les résultats des tests statistiques obtenus à partir du test hédonique. Ce test a pris en compte un panel de 30 dégustateurs et recueille leur degré d'appréciation des deux gari issus de la presse à vis manuelle (P_{Vm}) et la presse hydraulique motorisée (P_{Hm}) conformément à l'échelle de catégories.

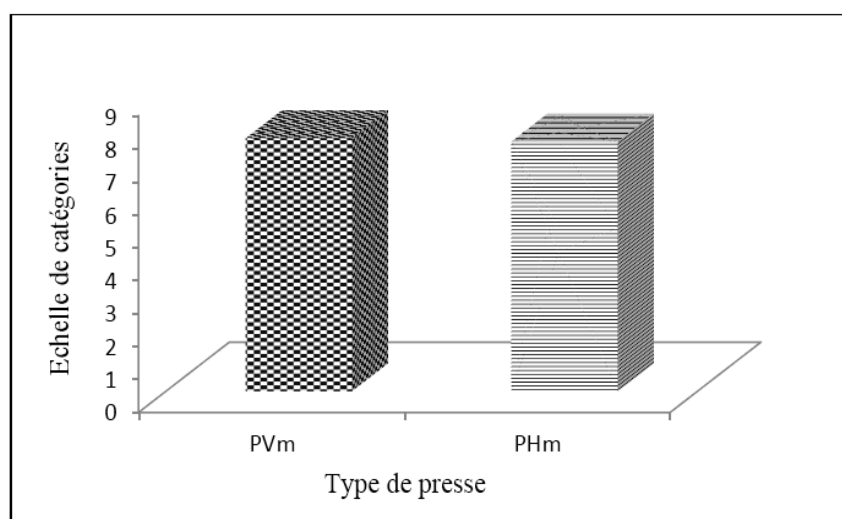


Figure 3 : Degré d'appréciation des gari suivant l'échelle de catégories

Pour les 30 dégustateurs mis à l'épreuve, une moyenne d'appréciation de $7,67 \pm 0,15$ a été obtenue pour la presse à vis manuelle contre $7,57 \pm 0,16$ pour la presse hydraulique motorisée. L'analyse statistique des résultats indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les degrés d'appréciation des dégustateurs par rapport aux deux catégories de gari issus des différentes presses. Ce qui signifie que les consommateurs pourront accepter au même degré les catégories de gari produits à partir de la presse hydraulique motorisée et la presse à vis manuelle. Par ailleurs, il ressort de l'analyse de la **Figure 3** que les deux gari ont été beaucoup aimés par les dégustateurs. La presse hydraulique ainsi conçue permet donc de produire de gari de qualité sensorielle acceptable par les consommateurs.

4. Discussion

4-1. Analyse des performances fonctionnelles

Les pressions développées pour les différents chargements ($53,67 \pm 2,33$ bars pour 40 kg de pulpe de manioc contre $74 \pm 0,58$ bars pour 200 kg de râpure) (**Tableau 1**) sont de loin supérieures à celles de la presse hydraulique manuelle mise au point par [5]. Ces résultats montrent aussi que la pression de pressage à appliquer varie proportionnellement avec la quantité de râpure de manioc à presser. En effet, le pressage diminue le taux de vide dans la pâte pressée. Par la suite, la vitesse d'écoulement de l'effluent expulsé diminue aussi et tombe finalement à zéro pour une pression donnée [6]. D'où la résistance croissante de la pulpe qui devient compacte lorsque le pressage continue. La durée moyenne de pressage de 40 kg de pulpe de manioc est de $100,2 \pm 0,33$ min pour un pressage rigoureux avec la presse à vis manuelle contre $5,22 \pm 0,01$ min pour la presse hydraulique motorisée. Quant au pressage de 200 kg, les durées de pressage sont respectivement de $439,8 \pm 0,33$ min contre $25,2 \pm 0,12$ min (**Tableau 2**). On note un gain de temps considérable en faveur de la presse hydraulique motorisée. Ces résultats sont proches des observations de Nago [4] qui affirme que la mécanisation du râpage et du pressage a surtout eu pour effet d'améliorer les rendements horaires au niveau desdites opérations et de réduire globalement la durée et la pénibilité du travail de préparation. Par ailleurs, bien qu'aucune différence ne soit observée entre les temps de chargement et de déchargement au niveau des deux presses, une comparaison de la durée totale des opérations des différentes technologies laisse une disparité considérable.

Ceci est imputable à la durée effective de pressage qui est très petite pour la presse hydraulique motorisée contrairement à la presse à vis manuelle. Cet écart horaire confirme la capacité de la presse hydraulique motorisée à presser de grande quantité de pulpe de manioc en très peu de temps. Ces durées sont fonctions de la pression appliquée lors du pressage ; lesquelles pressions sont relativement faibles lorsqu'on utilise une presse manuelle. De même, l'absence de cage cylindrique de pressage sur la presse à vis manuelle entraînerait la dissipation des énergies fournies lors des opérations, réduisant ainsi la pression utile de service. Dans tous les cas, comme l'a mentionné FIDA [7], la mécanisation du râpage et du pressage pour la transformation du manioc en gari augmente sans aucun doute la productivité du travail et réduit la pénibilité de ces étapes de la transformation. La différence significative observée entre les taux d'humidité de la pulpe de manioc après pressage est due à la durée de pressage au niveau de la presse à vis (**Tableau 4**). En effet, dans le but d'avoir un produit sec comparable à celui de la presse motorisée, le pressage sous la presse à vis a débuté 8 heures avant celui de la presse hydraulique motorisée. Ce qui a permis à la pulpe de manioc de bien égoutter pour atteindre un taux d'humidité relativement plus bas. Cependant, les deux technologies ont permis d'avoir un taux d'humidité compris entre 45 % et 50 %, intervalle acceptable pour la préparation du gari [5]. Par ailleurs, la différence observée entre les capacités horaires pour le traitement d'une même quantité dans un même milieu d'essai est relative à la différence de pression de pressage appliquée

(Tableau 3). En effet, lors des opérations, la pression appliquée sur 40 kg de râpure de manioc ($53,67 \pm 2,33$ bars) n'est pas proportionnelle à celle exercée pour presser 200 kg ($74 \pm 0,58$ bars). Ce qui a influencé les capacités horaires respectives. Toutefois, la différence des capacités horaires suivant le milieu d'étude serait probablement due aux variétés de manioc utilisées, à la teneur en eau de ces dernières et éventuellement à l'aptitude des utilisateurs à manipuler la nouvelle technologie. Il a été constaté que le milieu d'étude et la quantité de râpure pressée n'ont pas eu d'influence sur la concentration de l'effluent de pressage en amidon **(Tableau 5)**. Néanmoins, ces résultats sont différents des 2 % évoqués par [8, 9]. Ceci s'explique par l'application de forte pression sur la râpure en utilisant la presse hydraulique motorisée et la porosité des sacs en polypropylène contenant la pulpe de manioc qui ont conduit à l'évacuation d'énormes particules d'amidon dans l'effluent issu du pressage.

4-2. Analyses des paramètres financiers

L'utilisation de la presse hydraulique motorisée permet de dégager une marge nette de 39 FCFA / kg de gari produit **(Tableau 7)**. Le seuil de rentabilité se situe à 10,83 % de l'utilisation de la capacité utilisée. Le pourcentage étant bas ($0,1083 \ll 1$), cette unité de production donne un bon niveau de sécurité contre des difficultés d'exploitation imprévisibles. L'utilisation de la presse hydraulique est donc rentable pour ce transformateur. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par [10] qui ont démontré que la râpeuse stationnaire s'intègre bien dans les pratiques actuelles de production des unités individuelles de production contrairement aux groupements qui ne peuvent pas supporter les coûts et l'utiliser de façon optimale dans les conditions actuelles. [10] évoquent qu'à l'étape actuelle de leur organisation, les unités individuelles qui semblent fonctionnées comme une entreprise sont celles qui peuvent rentabiliser les équipements introduits. Tous les transformateurs et transformatrices de la zone d'étude ont favorablement apprécié les performances de la presse hydraulique motorisée. Ils estiment qu'elle est plus rapide et qu'elle presse mieux que la presse à vis manuelle. La mécanisation de la production manuelle favorise un gain de temps car elle augmente la capacité horaire [11].

4-3. Effet de la presse hydraulique sur la qualité du gari produit

Une comparaison du gari issu de la presse hydraulique motorisée à celui issu de la presse à vis manuelle n'a montré aucune différence significative. On peut donc retenir que la presse hydraulique motorisée n'a pas eu d'influence sur la qualité sensorielle du produit final **(Figure 3)**. Cela est peut être dû à l'utilisation de pressions modérées (environ 75 bars) lors des opérations de pressage. En effet, de fortes pressions de pressage entraînent obligatoirement l'évacuation de grande quantité de particules d'amidon et modifieraient la qualité sensorielle du gari issu de la presse hydraulique motorisée. [5] ont montré que l'utilisation de pressions allant jusqu'à 100 bars ne permettent plus d'avoir une râpure acceptable pour la production de gari mais peuvent être bonnes pour la fabrication de la farine panifiable. Pour cela, la maîtrise des pressions de pressage devient donc nécessaire afin de garantir un produit final acceptable par les consommateurs. Ainsi, l'opération de pressage vient alors s'ajouter aux étapes de râpage, de la fermentation et du calibrage qui apparaissent d'après AFD [12] comme des étapes clés dans la garantie d'un gari de qualité au plan organoleptique.

5. Conclusion

Il ressort de ce travail que la presse hydraulique motorisée est tout à fait valable et adaptée à l'utilisation envisagée et que le type d'utilisateur n'a pas une grande influence sur l'efficacité de la machine. D'importantes différences significatives ont été observées au niveau de la capacité horaire de la presse

hydraulique motorisée comparativement à la presse à vis manuelle. Ainsi, la presse hydraulique motorisée apparaît environ 15 fois plus rapide que la presse manuelle et permet un gain de temps considérable. Par ailleurs, à l'instar du gain de temps et de la facilité de réalisation des opérations de pressage, l'introduction de la presse hydraulique motorisée a contribué à une amélioration considérable des conditions de vie du transformateur à travers une augmentation de son revenu. De plus, la nouvelle technologie de pressage n'a pas influencé les caractéristiques organoleptiques du gari produit. Au contraire, elle permet de produire à volonté le gari fermenté ou non fermenté, en restant dans le temps de commande. Ce qui pourrait faciliter son adoption.

Références

- [1] - FAO (page consulté le 15 Septembre 2013) FAOSTAT Database 2013. Food and Agricultural Organisation, Roma, Italy. URL: <http://apps.fao.org/page/collections>
- [2] - G. AMANI, C. NINDJIN, B. N'ZUE, A. TSCHANNEN and D. AKA, *Actes de l'atelier international UAA-CSRS-CNRA-12T*, 4-7 juin 2007, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2007) 341 p.
- [3] - J. S. E. GOUSSANOU, Thèse d'Ingénieur Agronome. FSA/UAC. Bénin, (2003) 80 p.
- [4] - C. M. Nago, Transformation alimentaire du manioc. *Editions ORSTOM-Paris, France*, (1995) 19 p.
- [5] - O. P. KOLAWOLÉ, L. S. AGBETOYÉ and A. S. OGUNLOWO, *Global Advanced Research Journal of Food Science and Technology*, Vol. 1 (3) (2012) 044 - 048 p.
- [6] - P. M. T. AKELY, O. Y. AZOUMA and N. G. AMANI, *Journal of Food Engineering*, 101 (2010) 343 - 348
- [7] - FIDA, *Rapport No. 2275-BJ*. Décembre 2010, République du Bénin, (2010) 154 p.
- [8] - F. MEUSER et H. D. SMOLLNIK, *Starch*, 32 (4) (1980) 116 - 122
- [9] - J. MUCHNIK et D. VINCK, *Paris -ACCT-*, (1984) 172 p.
- [10] - P. Y. ADEGBOLA, A. G. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, N° 46 (Décembre 2004) 16 p.
- [11] - M. M. DEDEDJI, R. AHOANSOU et D. J. HOUNHOUIGAN, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 61 (Septembre 2008)
- [12] - AFD, "Normes de qualité pour les produits agroalimentaires en Afrique de l'Ouest". Département de recherche, (2009) 129 p.