



Évaluation de la productivité technique de trois matériels d'étuvage de riz paddy au Bénin

Paul Ayihadji Ferdinand Houssou^{1*}, Agossou Hounyévou-Klotoé¹, Parfait Sègla, Alohoutade¹, Valère Dansou¹, Jean Moreira²

¹Institut national des recherches agricoles du Bénin ; Centre de recherches agricoles d'Agonkanmey ; Programme technologies agricole et alimentaire ; 01 BP 128 Porto-Novo ; République du Bénin

²Centre du riz pour l'Afrique, 01 BP 2031 Cotonou ; République du Bénin

Principal auteur : Paul Ayihadji Ferdinand Houssou ; Courriel : houssou02@yahoo.fr ; Tél. : 00229 97 88 69 51.

Original submitted in on 19th August 2015. Published online at www.m.elewa.org on 31st October 2015 <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v93i1.5>

RÉSUMÉ

Objectif : L'objectif du travail est d'évaluer la productivité technique de trois équipements d'étuvage de riz paddy, notamment :-i- le petit kit (marmite+bac) d'une capacité d'étuvage de 80 kg par traitement, -ii- le tonneau basculant d'une capacité de 80 kg et -iii- le grand kit d'une capacité de 300 kg.

Méthodologie et résultats : La productivité technique de chacun de ces trois équipements en usage au Bénin a été évaluée par rapport à : la main d'œuvre/travail (kg de paddy traité /Homme/heure), l'utilisation de bois (kg de paddy traité/kg de bois), l'eau (kg paddy traité/Litre d'eau) et l'investissement (kg de paddy étuvé /100 FCFA investis). Par la suite, les attributs de qualité physique du riz tels que le cœur blanc, l'homogénéité, la dureté et la couleur ont été évalués sur les échantillons du riz étuvé avec chaque matériel d'étuvage. Les résultats obtenus indiquent que le grand kit de 300 kg présente une productivité de travail plus faible (8,98 kg) que les deux autres matériels d'étuvage. Le kit bac+marmite et le matériel d'étuvage tonneau présentent des productivités similaires par rapport à la main-d'œuvre, l'utilisation de bois, l'eau et le capital investi. Aucune différence significative n'est observée pour la consommation en eau pour les trois matériels testés. A l'exception de la couleur, la qualité physique du riz étuvé avec les trois matériels ne montre aucune différence significative pour le cœur blanc, l'homogénéité et la dureté des grains de riz.

Conclusion et application des résultats : Vu la qualité de riz étuvé obtenu après utilisation de ces matériels, le kit bac+marmite ou le kit de grande capacité de 300 kg peuvent être recommandés aux femmes étuveuses en fonction de leur niveau de production. Toutefois des travaux d'améliorations sont nécessaires aussi bien sur le grand kit de 300kg que sur celui en tonneau afin de faciliter leur utilisation et de permettre aux transformatrices de produire de riz étuvé de bonne qualité.

Mots-clés : productivité, matériel, étuvage de riz, qualité.

Assessment of the productivity of three parboiling equipments in Benin

ABSTRACT

Objective: To evaluate the productivity of three parboiling equipments namely: small kit (Pot + vat with parboiling capacity of 80 kg); barrel of with a capacity of 80 kg and the big kit (tank + vat with a capacity of 300 kg).

Methodology and results: The productivity of these three equipments was evaluated with respect to: labor (kg of paddy processed/person/ hour), fire wood (kg paddy processed/kg), water (kg paddy/kg/liter), investment (kg paddy/100FCFA). Thereafter, the physical quality attributes of the parboiled rice such as chalkiness, homogeneity, toughness and the colour of the parboiled rice samples were evaluated. The results indicate that the 300 kg big kit presented low labor productivity of 8.98kg compared to the two other parboiling materials. The small kit (Pot + vat of parboiling capacity 80 kg) and the barrel of a capacity 80 kg present similar productivity in relation to the labor, wood, water and investment. No significant difference is observed for water use during parboiling while using each of the tested materials. Except for the colour, the physical quality of parboiled rice obtained with each of the three materials shows no significant difference for the chalkiness, homogeneity and the toughness of the rice grains.

Conclusion and application of results: Concerning the quality of parboiled rice obtained after use of these materials, the small kit or the big kit (tank + vat with a 300 kg capacity) can be recommended to the women parboilers according to their level of production. However, works of improvement are necessary on the big kit of 300kg as well as that of barrel in order to facilitate their use and to allow the processors to produce good quality parboiled rice.

Key words: Productivity, equipment, rice, parboiling, quality.

INTRODUCTION

L'étuvage de riz paddy est une technologie post-récolte qui consiste à précuire le paddy à la vapeur d'eau puis à le sécher avant le décorticage et le polissage. Cette technologie apporte de la valeur ajoutée au riz usiné du point de vue quantitatif et qualitatif (FAO, 1997 ; Houssou, 2003 ; Manful, 2008 ; Fofana *et al.*, 2011). Contrairement à certains pays en Asie, en Europe et en Amérique où il existe des unités modernes d'étuvage de riz (Poritosh *et al.*, 2006), dans de nombreux pays du tiers-monde, notamment ceux de la sous-région Ouest africaine, cette technologie est souvent pratiquée à petite et moyenne échelles par les femmes qui utilisent les méthodes traditionnelles ou artisanales (Houssou *et al.*, 2014). Mais des unités à moyenne capacité introduites en Afrique de l'ouest avant les indépendances par les colons exemple au Sierra Leone ont cessé leur activité. Au Bénin, les femmes pratiquent l'étuvage du riz paddy comme une véritable activité génératrice de revenus (Adégbola, 2010). Mais l'une des contraintes auxquelles ces femmes sont confrontées est la faible capacité ou la faible performance des matériels traditionnels d'étuvage

utilisés. Ces matériels traditionnels sont fragiles et peu résistants à la rouille avec souvent une faible capacité de transformation. Face à ces contraintes, des travaux de recherche sont menés et ont permis la mise au point des dispositifs améliorés de type artisanal. C'est le cas du dispositif à double fonds mis au point au Ghana et surtout du dispositif de capacité moyenne (50 kg de paddy) conçu à partir de fût de récupération largement utilisé au Burkina Faso, au Niger, au Mali et en Guinée (Diop *et al.*, 1997). Ce dispositif en fût a été testé au Bénin et les inconvénients identifiés ont permis la mise au point d'un autre prototype amélioré résistant à la rouille, d'une capacité de 45 kg ou 80 kg et est composé d'une marmite en aluminium et d'un bac d'étuvage minutieusement perforé à sa base et sur le ¼ inférieur de sa hauteur afin de permettre un bon passage de la vapeur lors de l'étuvage (Houssou, 2003 ; Houssou & Amonsou., 2004). Cependant, le kit d'étuvage composé du Bac+marmite et celui fait à partir de tonneau (modèle Burkinabè) amélioré ne permettent pas de traiter une grande quantité de paddy par jour, notamment pour des

transformatrices qui étuvant des tonnes de riz par semaine. De ce fait, un équipement d'étuvage de grande capacité (300 kg par traitement) muni d'un foyer amélioré incorporé a été mis au point (Hounyèvou Klotoé & Houssou, 2012). Bien que ces différents équipements améliorés d'étuvage aient confirmé leurs performances techniques lors des essais en station, il est indispensable de documenter leur productivité physique et la qualité du riz étuvé obtenu après leur utilisation afin de

permettre aux femmes transformatrices de faire le choix judicieux pour leur activité d'étuvage. La productivité physique étant la quantité de riz paddy étuvée par unité de facteur de production utilisé tels que l'eau, le bois, la main-d'œuvre et le capital investi. Cette étude a pour objectif de comparer la productivité physique de trois matériels d'étuvage du riz paddy utilisés au Bénin et dans la sous-région Ouest-Africaine.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude et groupe cible : L'évaluation de la productivité physique des matériels d'étuvage choisis a été effectuée dans trois unités de production de riz étuvé dans trois communes (Dassa, Glazoué, Savalou) situées au centre du Bénin dans le mois de novembre 2012 où le degré d'ensoleillement variait entre 27,3°C et 34,7°C et l'humidité relative de l'air variait entre 37% et 97%. Les essais ont été conduits avec la participation active des femmes de trois groupements professionnels producteurs et vendeurs de riz étuvé.

Matériel végétal : Les échantillons de riz paddy, variété IR841 d'une teneur en eau moyenne de 11% ont été utilisés pour les essais d'étuvage. Selon les femmes transformatrices, cette variété a été choisie car elle est la plus utilisée dans la zone puisqu'elle convient

mieux à l'étuvage (Tchatcha., 2011). Le bois sec issu de la même espèce teck (*Tectona grandis*) a été utilisé comme combustible lors de l'étuvage pour les opérations de trempage à chaud et de pré cuisson à la vapeur.

Matériels d'étuvage utilisés : Les trois différents modèles de matériels d'étuvage de riz actuellement utilisés au Bénin et dans la sous-région ont été testés. Il s'agit des modèles suivants : (i) le petit kit (marmite + bac) d'une capacité de 80 kg ; (ii) le tonneau basculant d'une capacité de 80 kg et (iii) le grand kit (cuisseur + bac) d'une capacité de 300 kg (Figure 1). Les caractéristiques des trois modèles d'équipements d'étuvage du riz figurent dans le Tableau 1.



(i) : Marmite + bac 80 kg



(ii) Tonneau basculant 80 kg



(iii) Grand kit de 300 kg

Figure 1 : Matériels d'étuvage testés

Tableau 1 : Caractéristiques des équipements d'étuvage testés

Équipements	Capacité de traitement (kg de paddy)	Composition de l'équipement	Nature du matériel	Hauteur de l'équipement (cm)
Petit kit (Bac + marmite 80 kg)	80	Marmite	Alliage d'aluminium fondu	69
		Bac	Tôle galvanisée	
Kit en tonneau basculant (80 kg)	80	Fût/tonneau	Fer	130
		Foyer	Fer	
Grand kit de 300 kg	300	Cuiseur	Tôle noire	185 (sans la cheminée)
		Bac	Fer galvanisé	
		Foyer	Tôle noire	
		Cheminée	Tôle noire	

Dispositif expérimental : La technologie améliorée d'étuvage du riz décrite par Houssou & Amonsou (2004) et Fofana *et al.* (2011) a été utilisée. Après triage et vannage, le paddy a été lavé avant d'être trempé à chaud à 80°C (Tchatcha, 2011). Le paddy trempé est laissé au repos pour refroidissement pendant 12 heures, le temps que les grains absorbent de l'eau jusqu'à atteindre 32±2 % de taux d'humidité. La température de trempage et les taux d'humidité ont été mesurés à l'aide d'un thermomètre à sonde MINITHERM HI 875 (HANNA Instruments, Portugal) et d'un humidimètre Wile 55 Digital 9V 6F22, Tripette et Renaud agro (FARMCOMP AGROELECTRONICS, Finlande). Au niveau de chaque groupement, un lot de 80 kg de riz paddy a été traité avec l'équipement composé du bac + marmite. L'équipement en tonneau a été également utilisé pour la même quantité de paddy (80 kg). Mais pour le grand kit, une quantité de 300 kg de paddy a été utilisée par traitement. Deux essais d'étuvage ont été réalisés dans chaque groupement. Après chaque traitement, le riz étuvé a été d'abord séché au soleil sur une aire de séchage en béton, puis à l'ombre jusqu'à ce que la teneur en eau chute pour atteindre environ 11 %. Après séchage, les lots de

paddy étuvés ont été décortiqués dans les mêmes conditions à l'aide de la même décortiqueuse à rouleau.

Détermination de la productivité de chaque équipement d'étuvage : Pour chaque matériel d'étuvage du riz, les données sur la quantité d'eau consommée, la quantité de bois utilisée, le nombre de personnes nécessaires à son utilisation et la durée des opérations d'étuvage ont été collectées. La durée de la pré-cuisson à la vapeur a été déterminée en chronométrant à partir du début de l'ébullition jusqu'à l'observation de l'éclatement des balles de plus de 80 % des grains de riz paddy, ce qui indique la fin de la pré-cuisson à la vapeur. La durée des opérations de séchage au soleil et à l'ombre n'a pas été prise en compte pour le temps d'étuvage parce que le séchage au soleil dépend du degré d'insolation du soleil qui varie d'un jour à l'autre. Le coût approximatif d'amortissement de chaque matériel utilisé pour l'étuvage a été déterminé sur la base de la durée de vie moyenne fournies par les transformatrices. Ainsi, le coût approximatif d'amortissement (CAA) par jour d'utilisation de chaque matériel est donné par le rapport suivant :

$$CAA = \frac{\text{Coût actuel du matériel d'étuvage (enFCFA)}}{\text{Durée de vie du matériel (en nombre de jours)}}$$

Le coût et la durée moyenne des matériels d'étuvage testés sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Durée de vie moyenne des équipements

Matériel	Coût en franc CFA	Durée moyenne en années de vie
Petit kit (marmite + bac 80 kg)	80 000	5
Tonneau basculant d'une capacité de 80 kg	120 000	3
Grand kit (cuiseur + bac) de capacité de 300 kg	500 000	5

Ces différentes données ont servi à calculer, pour les trois matériels d'étuvage ; quatre types de productivités physiques. Il s'agit de la :

$$\text{Productivité physique du travail} = \frac{Q}{Q_t}$$

$$\text{Productivité physique de l'investissement} = \frac{Q}{C_t}$$

$$\text{Productivité physique de l'utilisation du bois} = \frac{Q}{Q_b}$$

$$\text{Productivité physique de l'utilisation de l'eau} = \frac{Q}{Q_e}$$

Où : Q = Quantité de riz paddy étuvé en Kg ; Q_t = Quantité totale de travail en Homme-heure ; C_t = Charges estimatives totales liées à l'utilisation de l'équipement = Charges (main-d'œuvre + bois + eau + transport + décorticage + amortissement) en FCFA ; Q_b = Quantité de bois utilisé en kg ; Q_e = Quantité d'eau utilisée en litre.

Évaluation de la qualité du riz étuvé obtenu après utilisation des trois matériels d'étuvage : Après décorticage, le cœur blanc, la dureté, l'homogénéité et la couleur des grains des échantillons de riz étuvés issus de l'utilisation des trois matériels d'étuvage ont été déterminés. Le cœur blanc et la dureté ont été déterminés par la méthode décrite par Fofana *et al.* (2011). L'homogénéité des grains de riz étuvés a été déterminée en séparant à l'aide d'une loupe des grains trop cuits qui sont de couleur marron ou noir, des grains crayeux et des grains rouges. Les mesures ont été faites sur 6 échantillons provenant de chaque lot de riz étuvé. Pour chaque échantillon, 10g (m_0) de riz sont prélevés et triés manuellement à la loupe afin de

séparer et de peser les grains étuvés homogènes de couleur jaune claire (m_1) des autres grains ayant d'autres couleurs (m_2). Le taux d'homogénéité a été calculé de la façon suivante :

$$\text{Taux d'homogénéité} = \frac{m_1}{m_0} \times 100$$

La couleur des échantillons du riz étuvé a été déterminée suivant la méthode décrite par Hounhouigan (1994). La couleur des échantillons de riz a été mesurée avec un chromamètre Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc, Osaka, Japan). L'appareil est étalonné avec une céramique blanche de référence dont les coordonnées de couleur sont : $Y = 93,2$; $x = 0,3161$ et $y = 0,3329$. Les mesures ont été réalisées en système L^* , a^* , b^* avec L^* représentant la luminance ou la clarté variant de 0 pour le noir absolu à 100 pour la couleur blanche ; a^* représentant l'indice de saturation en rouge variant de + 60 pour la coloration rouge à - 60 pour la coloration verte et b^* l'indice de saturation en jaune variant de + 60 pour la coloration jaune à - 60 pour la coloration bleue.

Analyse statistique : Le Tableur Excel a été utilisé pour le calcul des moyennes. Une analyse de variance (ANOVA) à un facteur a été effectuée à l'aide de logiciel SPSS version 17.0 pour déterminer les différences significatives éventuelles au seuil de 5 % entre les moyennes des données collectées pour chaque type de productivité.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Productivité physique des différents matériels d'étuvages utilisés

Intrants utilisés par cycle d'opération d'étuvage :

Pour un cycle d'opérations d'étuvage, c'est-à-dire depuis l'opération de trempage de riz paddy jusqu'à l'étuvage proprement dit (précuisson à la vapeur), les quantités des intrants tels que le bois et l'eau consommées, le nombre d'opératrices nécessaires à la manipulation du matériel d'étuvage, ainsi que la durée des opérations unitaires d'étuvage varient en fonction

des trois matériels d'étuvage testés. En utilisant le kit composé de bac + marmite ou le tonneau basculant, il a été observé que deux opératrices sont nécessaires pour effectuer toutes les opérations unitaires d'étuvage sans difficulté. En ce qui concerne le kit d'étuvage composé du bac+marmite, les 80 kg de riz paddy ont été étuvés par deux opératrices en une durée totale moyenne de 3,10 h (non compris le temps de trempage du paddy dans l'eau chaude jusqu'au lendemain) en utilisant en moyenne 45,8 kg de bois de

chauffage et 253,5 litres d'eau en moyenne. Ces performances ne sont pas très différentes de celles enregistrées pour le matériel d'étuvage tonneau basculant pour lequel, pour étuver les 80 kg de paddy, les deux opératrices ont passé une durée moyenne de

3,7 h (non compris le temps de repos de paddy dans l'eau chaude jusqu'au lendemain) en utilisant en moyenne 49,5 kg de bois de chauffage et 254 litres d'eau en moyenne (Tableau 3).

Tableau 3 : Intrants liés à l'utilisation de chaque matériel d'étuvage par cycle d'étuvage

Paramètres	Bac 80 + marmite	Tonneau	Grand kit
Quantité de paddy traité (Kg)	80	80	300
Nombre d'opératrices nécessaires	2	2	4
Durée des opérations de la veille ¹ (h)	1,97	1,97	5,30
Durée refroidissement paddy trempé (h)	9,78	9,78	9,94
Durée totale des opérations du lendemain ² (h)	1,13	1,10	3,05
Total temps d'opérations ³ (h)	3,10	3,07	8,35
Quantité moyenne de bois utilisé (Kg)	45,8	49,5	106
Quantité moyenne d'eau utilisée (L)	253,5	254	961,5

¹Durée des opérations de la veille : triage, lavage, premier égouttage, trempage dans l'eau chaude, ²Durée totale des opérations du lendemain : rinçage du paddy trempé ou le deuxième lavage, le deuxième égouttage et la précuisson à la vapeur ; ³Total temps d'opérations sans l'étape de refroidissement

Cependant, lors des essais, les femmes transformatrices ont noté que l'utilisation du kit tonneau nécessite plus d'effort physique que le kit d'étuvage composé du bac+marmite, et constitue une contrainte pour elles. En effet, avant le déchargement du riz étuvé de ce matériel d'étuvage en tonneau, l'eau chaude qui génère la vapeur doit être vidée pour éviter qu'elle ne rentre dans le paddy étuvé. Cette contrainte n'existe pas dans le cas de l'utilisation du kit Bac + marmite qui est composé de deux parties distinctes. La facilité d'utilisation d'un matériel d'étuvage fait partie des critères importants pour l'appréciation de sa performance. Il a été constaté que lors de la répétition où la transformatrice a deux lots de 80 kg de paddy à précuire à la vapeur (étuvage) de façon consécutive, la durée de la précuisson du second lot avec le kit d'étuvage composé du bac+marmite a été plus courte (25 min) que celle du matériel d'étuvage en tonneau (38 min). En effet, pour le kit avec marmite, l'eau de précuisson du premier essai qui était encore bien chaude ne tarde alors plus à bouillir et à générer de la vapeur tandis qu'avec le tonneau, l'eau a eu le temps de se refroidir suite à son évacuation du matériel avant que celui-ci ne soit rempli à nouveau pour un second essai d'étuvage. En ce qui concerne cette contrainte, les transformatrices ont estimé que le kit d'étuvage composé du bac+marmite présente une meilleure performance par rapport au matériel d'étuvage en tonneau. Concernant l'utilisation du grand kit de capacité 300 kg, les essais avec les transformatrices

ont montré qu'il faut au minimum quatre transformatrices pour effectuer toutes les opérations unitaires d'étuvage. Lors des tests, ces quatre transformatrices ont étuvé les 300 kg de paddy en une durée moyenne de 8,35 h (non compris le temps de repos de paddy dans l'eau chaude jusqu'au lendemain) en utilisant en moyenne 106 kg de bois de chauffage et 961,5 litres d'eau en moyenne. Ces consommations en main-d'œuvre, en temps, en eau et en bois sont largement supérieures à celles des deux autres matériels d'étuvage du fait de la grande quantité de paddy étuvé par cycle d'opération. Ici, la contrainte majeure notée par les transformatrices suite à l'utilisation de ce grand kit d'étuvage de 300 kg est l'opération de déchargement difficile du paddy étuvé. Ainsi, les femmes estiment que l'ouverture de l'équipement permettant la sortie de paddy étuvé doit être améliorée afin de permettre le déchargement rapide du paddy aussitôt après étuvage avant de procéder au séchage au soleil du paddy étuvé. Ces améliorations sont actuellement en cours afin de disposer d'un matériel d'étuvage de grande capacité et performant. Le cycle d'étuvage de riz paddy s'étendant sur 2 jours, les coûts des intrants tels que l'amortissement de l'équipement et la main-d'œuvre sont calculés en conséquence. La main-d'œuvre journalière dans la zone d'étude est de 1500 FCFA. Les charges liées à l'utilisation de l'eau et du bois sont calculées par rapport à leur prix d'achat lors des essais. Ainsi, pour un cycle d'étuvage les charges supportées

pour l'amortissement de l'équipement, la main-d'œuvre, le bois et l'eau pour étuver 80 kg de riz paddy s'élèvent à 9 031 FCFA pour le kit de 80 Kg marmite+bac et 9 221,5 FCFA pour le matériel en tonneau. Pour étuver

300 kg de paddy avec le grand kit, les charges s'élèvent à 17215 FCFA (Tableau 4). Sur la base des quantités et des coûts de ces intrants, les différentes productivités physiques ont été calculées.

Tableau 4 : Charges estimatives liées à un cycle d'étuvage avec les différents matériels d'étuvage testés.

	Équipements					
	Bac 80 + marmite		Tonneau		Grand kit de 300	
	Quantité	Coût (FCFA)	Quantité	Coût (FCFA)	Quantité	Coût (FCFA)
Main d'œuvre*	4	60 00	4	6 000	8	12 000
Bois (kg)	45,8	687	49,5	742,5	106	1 590
Eau (litre)	253,5	254	254	254	961,5	962
Transport	80	400	80	400	300	1 500
Décorticage	80	1 600	80	1 600	300	600
Amortissement**		90		225		563
Charge totale d'utilisation		9 031		9 221,5		17 215
Paddy (kg)	80	12 000	80	12 000	300	45 000

* Main-d'œuvre en homme-jours ; **Amortissement pour 2 jours d'utilisation

NB : le coût de l'emballage et du conditionnement ne sont pas pris en compte dans ce calcul.

Productivité physique des équipements : La productivité du travail donne une indication de l'efficacité avec laquelle les travailleurs transforment leur effort en production. Comme l'a souligné Djimasra, (2009), l'objectif principal de l'entreprise étant de réaliser de profits, cette productivité physique passe alors par la combinaison de plusieurs facteurs de production. Une mesure précise de la productivité physique est la productivité du travail qui représente la production engendrée par une heure de travail (da Silva & Santugini, 2009). Dans le cadre de cette étude, cette productivité physique de travail est calculée en kg de riz paddy traité par Homme et par heure. Les autres productivités physiques calculées sont liées à l'utilisation de bois (kg de paddy étuvé par kg de bois utilisé), d'eau (kg de paddy étuvé par litre d'eau utilisée) et à l'investissement (kg de paddy étuvé pour

100 FCFA investis) pour chaque matériel d'étuvage testé (Tableau 5). Les résultats obtenus ont montré que la productivité par rapport au travail du grand kit d'étuvage de capacité 300kg est significativement faible ($p < 0,05$) [8,98 kg/Homme/Heure] par rapport à celle des deux autres matériels d'étuvage d'une capacité de 80 kg (Tableau 5). Par contre, les productivités liées à la consommation de bois et à l'investissement du grand kit (2,83 kg /kg de bois et 1,74 kg / 100 FCFA) sont significativement ($p < 0,05$) plus élevées que celles des deux autres matériels. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée pour la productivité des trois équipements par rapport à l'utilisation de l'eau. Ceci suggère que la quantité d'eau utilisée pendant l'étuvage ne dépend pas de l'équipement d'étuvage utilisé mais est proportionnelle à la quantité de paddy étuvé.

Tableau 5. Comparaison des productivités physiques des matériels d'étuvage

	Productivité ¹	Productivité ²	Productivité ³	Productivité ⁴
Bac 80 + marmite	12,90±0,19 ^a	1,75±0,03 ^a	0,32±0,01 ^a	0,88±0,1 ^a
Tonneau	13,03±0,19 ^a	1,62±0,05 ^a	0,31±0,01 ^a	0,86± 0,1 ^a
Grand kit	8,98±0,64 ^b	2,83±0,08 ^b	0,31±0,01 ^a	1,74±0,1 ^b

Dans chaque colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques à caractère minuscule ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % d'après le test de Student Newman-Keuls.

¹Productivité physique du travail (kg paddy/Homme/heure) ; ²Productivité physique de l'utilisation de bois (kg paddy/kg bois) ; ³Productivité physique de l'utilisation de l'eau (kg paddy/ litre d'eau) ; ⁴Productivité physique de l'investissement (kg paddy/ 100 FCFA)

La faible valeur de la productivité physique du travail du grand kit par rapport aux deux autres matériels d'étuvage est surtout liée à la difficulté de sa manipulation. D'après les femmes transformatrices ayant participées aux tests d'évaluation des trois matériels d'étuvage, les opérations de déchargement du paddy et la fermeture du bac d'étuvage du grand kit d'étuvage constituent les deux étapes qui leur paraissent difficile. Ceci engendre une faible productivité par homme et par heure. Bien que la productivité de travail du grand kit est faible, son utilisation permet aux transformatrices d'économiser le bois utilisé et le capital investi par rapport aux deux autres kits de 80kg. Pour un kilogramme de bois ou 100 F de capital investi, le grand kit permet de produire du riz étuvé en quantité plus importante que les deux autres matériels. La valeur élevée de la productivité physique de l'utilisation de bois du grand kit par rapport aux deux autres matériels d'étuvage montre en d'autres termes que le grand kit d'étuvage consomme moins de bois que les deux autres kits d'une capacité de 80 kg. Cette faible consommation en bois du grand kit est due à son foyer amélioré doté d'une cheminée qui permet une bonne combustion et une réduction de la quantité de bois utilisé. Les études menées par Gariboldi, (1972) ; Kar *et al* (1999) et Chabot (2013) ont montré que la productivité de l'investissement est inversement

corrélée à la main-d'œuvre. Ainsi, plus la main-d'œuvre est élevée, plus la productivité de l'investissement est faible. Dans la présente étude, bien que la main-d'œuvre nécessaire pour manipuler le grand kit de 300 kg soit élevée, sa productivité est élevée, ceci se justifie par la quantité importante du paddy transformé qui est de 300 kg par les 4 transformatrices, alors que pour les deux autres matériels, les deux opératrices ont étuvé 80 kg de paddy.

Effets de l'utilisation des matériels sur la qualité physique de riz étuvé : Outre la détermination de la productivité, une autre méthode d'appréciation de l'efficacité d'un matériel d'étuvage de riz est l'évaluation des attributs de qualité de grains de riz étuvés obtenus après décorticage. Ces attributs sont généralement : la présence de cœur blanc (présence d'un point blanc au milieu du grain), la dureté des grains, la couleur des grains, l'homogénéité, etc. Les résultats de l'analyse physique des échantillons de riz étuvés issus de l'utilisation de chaque matériel d'étuvage ont montré que les grains obtenus suite à l'utilisation des trois matériels d'étuvage ont des valeurs faibles de cœur blanc à savoir 1,58 ; 1,54 et 1,44 respectivement pour le kit d'étuvage composé du bac+marmite, le matériel d'étuvage en tonneau et le grand kit d'étuvage (Tableau 6).

Tableau 6 : Paramètres physiques de qualité du riz étuvé par équipement

Paramètres physiques de qualité		Équipements		
		Kit tonneau	Kit bac + ganzin	Kit 300kg
Cœur blanc (%)		1,58 ± 0,01 ^a	1,54 ± 0,01 ^b	1,44 ± 0,06 ^c
Homogénéité (%)		0,94 ± 0,01 ^a	0,95 ± 0,01 ^a	0,95 ± 0,01 ^a
Dureté (Kg)		14,04 ± 0,45 ^a	14,39 ± 0,3 ^b	14,31 ± 0,15 ^b
Couleur	Indice de rouge (a*)	-0,66 ± 0,04 ^a	-0,87 ± 0,01 ^b	-0,86 ± 0,04 ^b
	Indice de jaune (b*)	13,22 ± 0,06 ^a	13,75 ± 0,06 ^b	13,98 ± 0,06 ^c
	Luminance (L*)	49,85 ± 0,06 ^a	52,54 ± 0,04 ^b	53,39 ± 0,04 ^c
	ΔE	45,61 ± 0,04 ^a	43,21 ± 0,57 ^b	42,48 ± 0,03 ^c

Les moyennes portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Ces résultats indiquent que les grains de riz paddy sont bien étuvés avec chacun des trois matériels. La présence de grains de riz à cœur blanc est souvent associée à un mauvais étuvage de riz paddy, soit un mauvais trempage du paddy ou à une pré-cuisson insuffisante (Fofana *et al.* 2011). Ces faibles

pourcentages de cœur blanc obtenus pour les trois matériels d'étuvage s'expliquent aussi par le fait que les essais d'étuvage ont été réalisés avec des transformatrices professionnelles. Fofana *et al.* (2011) avaient montré que le riz étuvé par la méthode améliorée présente un faible pourcentage de cœur

blanc. Cet attribut de qualité qu'est le cœur blanc des grains agit sur le taux de brisure des grains au décorticage. Sur cette base, moins il y a de grains à cœur blanc, moins il y a de brisure des grains au décorticage. Concernant l'homogénéité des grains de riz paddy étuvés, les valeurs obtenues sont très élevées de l'ordre de 94 %, 95 % et 95 % respectivement pour le kit d'étuvage composé du bac+marmite, le matériel d'étuvage en tonneau et le grand kit d'étuvage. Aucune différence significative ($p>0,05$) n'a été observée entre l'homogénéité des grains issus des trois matériels d'étuvage. Ce résultat montre que les grains de riz obtenus des trois matériels d'étuvage testés sont très homogènes. Les travaux de Houssou & Amonsou (2004) ont montré qu'avec la méthode traditionnelle d'étuvage du riz, le taux des grains homogènes n'est pas aussi élevé à cause des grains calcinés ou trop cuits qui se trouvent au fond de la marmite. Pour la dureté des grains de riz étuvés issus de chaque matériel, elles sont supérieures à 7,5 kg soit 14,04 kg, 14,31 kg et 14,39 kg respectivement pour le kit tonneau, le grand kit et le bac + marmite. En utilisant la même variété et la même méthode d'étuvage, Bleoussi *et al.* (2009) avaient aussi obtenu approximativement les mêmes valeurs de dureté. En effet, la dureté est l'une des propriétés physiques les plus importantes du riz étuvé, car elle réduit le taux de brisure lors du décorticage, ce qui augmente considérablement la valeur marchande et l'acceptabilité des consommateurs (Parnsakhorn & Noomhorm, 2008). Dans le cas de cette étude, l'utilisation des trois matériels testés n'a pas eu un effet différentiel sur la dureté des grains de riz. Ce résultat ainsi obtenu implique que ces matériels peuvent être utilisés pour avoir une bonne qualité de riz du point de vue dureté

CONCLUSION

La connaissance des différents types de productivité des équipements d'étuvage est très importante pour les transformatrices de riz étuvé afin de leur permettre de faire un choix en fonction de leur volume de production. L'étude montre qu'en terme de main-d'œuvre, la productivité physique du riz étuvé du grand kit de 300 kg est faible comparativement aux deux autres matériels d'étuvage testés d'une capacité de 80 kg

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adégbola P Y, 2010. Projet d'amélioration de la qualité post-récolte et du conditionnement des produits à base de riz, de manioc et de sorgho/mil afin d'accroître leur valeur

pouvant être stocké pendant longtemps. (Bleoussi *et al.*, 2009, Fofana *et al.*, 2011). En termes de coloration des échantillons du riz étuvés avec les trois matériels d'étuvage, les résultats obtenus ont montré une différence significative ($p<0,05$) entre la luminance (L), l'indice de rouge des grains de riz étuvés avec les trois matériels d'étuvage. La couleur des grains de riz issus de l'utilisation du tonneau d'étuvage est moins claire que les échantillons obtenus des deux autres matériels d'étuvage. D'après les transformatrices ayant participé aux essais, les échantillons de riz étuvés obtenus à partir du matériel d'étuvage en tonneau sont moins attrayants que les échantillons de riz étuvés avec le kit d'étuvage composé du bac+marmite et le grand kit d'étuvage. Cette différence de couleur des échantillons de riz s'explique par le fait que le kit tonneau est fabriqué en utilisant un matériel de récupération qui se rouille assez vite lorsque soumis à la chaleur imprimant ainsi une coloration sombre et un peu rougeâtre au riz lors de son utilisation pour étuver le paddy. Kshirod *et al.* (2006) avaient mentionné que les conditions de trempage à chaud et de pré cuisson à la vapeur pendant l'étuvage peuvent aussi affecter la couleur du riz étuvé. Mais dans le cadre de la présente étude le matériel d'étuvage en tonneau utilisé affecte négativement la couleur du riz étuvé, d'où la nécessité de l'améliorer afin que son utilisation donne un riz de bonne qualité correspondant aux besoins des utilisateurs. Parnsakhorn & Noomhorm (2008) avaient mentionné que la couleur est un paramètre important du riz étuvé, car elle influence directement la valeur marchande. En effet, dans la plupart des pays, les consommateurs n'acceptent pas du riz étuvé de couleur sombre comparativement à un riz étuvé dont la couleur des grains est claire, homogène et attrayante.

indiquant ainsi la nécessité de l'améliorer pour faciliter son utilisation par les transformatrices. Le kit bac+marmite et le matériel d'étuvage tonneau ont des productivités équivalentes en termes de main-d'œuvre, de bois, d'eau et de capital investi. La productivité de la consommation en eau reste indépendante des trois matériels d'étuvage utilisés.

marchande en étude socioéconomique de base du système de transformation post-récolte des produits à base de riz. Rapport d'étude, 83 pp

- Bleoussi TMR, Mamadou F, Bokossa I, Koichi F, 2009. Effect of parboiling and storage on grain physical and cooking characteristics of the some NERICA rice varieties. Rapport d'étude. 7 pp.
- Chabot L, 2013. Le point sur la productivité et l'investissement au Québec. Rapport d'étude, 14 pp.
- da Silva L et Santugini M, 2009. Rapport du centre sur la productivité et la prospérité, HEC Montréal. Rapport d'étude 34 pp.
- Diop A, Hounhouigan D, Kossou KD, 1997. Manuel de référence pour technicien spécialisés : technologie post-récolte et commercialisation des produits vivriers. ADA Experts-conseils, Québec, Canada, 89-109 pp.
- Djimasra N, 2009. Efficacité technique, productivité et compétitivité des principaux pays producteurs de coton, thèse, Université d'Orléans, 429 pp.
- FAO, 1997. Élaboration d'un plan de relance de la filière riz au Bénin. Volume 1.
- Fofana M, Wanvoeke J, Manful J, Futakuchi K, Van Mélé P, Zossou E, Bléoussi TMR, 2011. Effect of improved parboiling methods on the physical and cooked grain characteristics of rice varieties in Benin, *International Food Research Journal* 18:697-703 pp.
- Gariboldi F, 1972. Parboiled rice. In Rice: Chemistry and Technology, ed. St Paul, Minn; Houston; American Association of Cereal Chemists.
- Hounhouigan DJ, 1994. Fermentation of maize (*Zea mays* L.) meal for mawê production in Benin, physical, chemical and microbiological aspects. Ph.D thesis Agricultural University of Wageningen, 99 pp.
- Hounyèvou-Klotoé- A et Houssou AFP, 2012. Introduction d'un équipement d'étuvage de 300 kg de riz paddy au Bénin. Rapport d'activité. 45 pp.
- Houssou AFP, 2003. Développement de l'étuvage du riz au Bénin. INRAB/PTAA. Acte de colloque, Garoua : Cameroun. 9 pp.
- Houssou AFP, Dansou V, Hounyèvou-Klotoé A, 2014. Contribution à l'amélioration des performances du grand kit d'étuvage du riz paddy. Rapport d'activité. INRAB/PTAA. 24 pp.
- Houssou AFP and Amonsou E, 2004. Development of improved parboiling equipment for paddy rice in Benin. *Uganda Journal of Agricultural sciences* 9: 1019–1026pp.
- Kar N, Jain R, KSrivastav, PP, 1999. Parboiling of dehusked rice. *Journal of food Engineering*, 39:17-22pp.
- Kshirod R, Bhattacharya PV, SubbaRao, 2006. Effect of processing conditions on quality of parboiled rice.
- Manful JT, Grimm CC, Gayin J Coker RD, 2008. Effect of variable parboiling on Crystallinity of Rice Samples. *Cereal Chemistry* 85: 92–95 pp.
- Parnsakhorn S and Noomhorm A, 2008. Changes in physicochemical properties of parboiled brown rice during heat treatment. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 10: 08-09 pp.
- Poritosh R, Naoto S, Takeo SKT, 2006. Energy consumption and cost analysis of local parboiling processes. *Journal of Food Engineering* 76: 646–655 pp.
- Tchatcha D, 2011. Évaluation de l'aptitude à l'étuvage de quelques nouvelles variétés de riz cultivées au Bénin : aspects technologique, physique et sensoriel. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de Conception. Option : Génie de Technologie Alimentaire. École Polytechnique d'Abomey1Calavi. Université d'Abomey1Calavi. Bénin. 58pp.