Journal of Applied Biosciences 118: 11781-11793

ISSN 1997-5902

Évaluation technique et économique de la vanneuse artisanale motorisée dans la chaîne de transformation du riz et du maïs

Siédouba Georges YE[1], Gouyahali SON[1], Neblassida VALEA[2]
[1]Département Mécanisation (DM), Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), BP 7047 Ouagadougou 03 Burkina Faso
[2] Laboratoire d'Entomologie Générale et Appliquée (LEFA), Unité de Recherche et de Formation en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Université Ouaga 1 Pr JOSEPH. KI ZERBO, 06 BP 9499 Ouagadougou 06, Burkina Faso.
E-mail : siedgeor@yahoo.fr . Tel : 00226 70709141

Original submitted in on 11th September 2017. Published online at www.m.elewa.org on 30th October 2017 https://dx.doi.org/10.4314/jab.v118i1.4

RESUME
La présente étude a porté sur l'évaluation d'une vanneuse motorisée dans la chaine de transformation du riz et du maïs. Elle a consisté en une enquête sur le choix et l'intérêt de la vanneuse et une évaluation des paramètres de performance par des tests pratiques sur le terrain.
Objectifs : Introduire une vanneuse motorisée dans la chaine de valeur de traitement des céréales pour alléger la pénibilité du travail des femmes, assurer une productivité opérationnelle élevée et une qualité du produit tout en minimisant les pertes en produits traités.
Méthodologie et résultats : Une vanneuse motorisée thermique a été adaptée et testée dans les Unions d'Etuveuse de Riz de Bama, de Boulbi, et chez des transformatrices du maïs à Ouagadougou. Les paramètres étudiés ont porté sur la productivité, l'efficacité de nettoyage, le niveau des pertes dues à l'utilisation de la vanneuse. La productivité a été obtenue par la pesée du produit vanné en variant la vitesse du moteur et l'ouverture de la trémie de la vanneuse. L'efficacité du nettoyage a été déterminée par les mesures des poids des grains et des impuretés du produit recueillis dans le produit vanné Quant aux pertes, elles ont été obtenues par la pesée des grains se trouvant dans les impuretés. L'enquête a révélé que le choix de la vanneuse est fait dans l'objectif de réduire la pénibilité du vannage tout en augmentant la capacité de la production, la qualité des produits et en minimisant les pertes. L'analyse des résultats a montré que la productivité de la machine croit vite avec l'ouverture de la trappe d'alimentation, mais croit légèrement avec la vitesse du moteur. La qualité du produit vanné diminue avec l'ouverture de la trémie et augmente avec la vitesse du moteur. Les pertes augmentent avec l'augmentation de la vitesse du moteur, et sont plus importantes avec une ouverture minimale de la trappe d'alimentation
Conclusion et applications : En nous basant sur ces résultats, nous recommandons 50% de l'ouverture de la trémie et 75% de la vitesse du moteur pour obtenir un vannage optimal du riz et du maïs. L'évaluation du seuil de rentabilité de la vanneuse nous amène à recommander la fixation des frais de location et ou de prestation journalière de la machine à plus de 3128,11FCFA /J.
Mots clés : Évaluation, vanneuse motorisée, performances, riz, paddy, maïs

Technical and economic evaluation of the motorized winnower in the processing chain of the rice and the corn

ABSTRACT

The present study carried out the evaluation of a local made winnowing motorized machine in the rice and maize transformation chain. It consisted in an investigation into the choice and the interest of the winnowing machine and its performance parameters evaluation using practical test in some small's scales rice parboiling association and maize transformation enterprises.

Objectives: To introduce a motorized winnowing machine into the value treatment chain of cereals to reduce the laborious physical winnowing by women, to increasing operational productivity and the product quality through all minimizing the losses in treated products

Methodology and results: A motorized winnowing machine was adapted and tested in the rice parboiling unions centers of Bama, Boulbi, and in a site of the transformation of the flour of the corn in Ouagadougou. The studied parameters were : productivity, cleaning efficiency, loss level using the winnowing machine. Productivity was achieved by weighing the winnowed product obtained by varying the motor speed and the opening level of the hopper of the winnowing machine. The cleaning efficiency was determined by measurements of the grains and the impurities of the winnowed collected product. The losses were obtained weighting the grains being in the impurities. The survey revealed that the aim of choosing the winnowing machine is for reducing the hardness of winnowing operation while increasing the hourly productivity of the production, the products quality and reducing the losses. The results showed that the productivity of the machine increases quickly with the hopper opening level, and slightly with the augmentation of the speed of the engine. Product quality decreased with the hopper opening level and increased with the speed of the engine. The losses increased with the increase of the engine speed, and were more important for a low opening level of the hopper.

Conclusion and applications: Based on these results, we recommend 50% of the hopper opening level and 75% of the engine speed to obtain an optimal winnowing of rice and maize. The economic evaluation of the winnowing machine recommended a daily delivery of the machine at more than 3128.11 FCFA (5.63 USD) per day.

Keywords: winnowing machine, productivity, efficiency, rice, paddy, maize

INTRODUCTION

L'économie burkinabè est basée essentiellement sur l'agriculture et l'élevage qui contribuent pour 37,2 % (Henry, 2016) au Produit Intérieur Brut du pays. L'agriculture, avec une population de 86% procure 40% des revenus des ménages de la population active du Burkina Faso (Henry, 2016). Elle engendre 70% des exportations du Burkina Faso (FAO, 2016). Les principales spéculations cultivées sont les céréales, les fruits et légumes, les racines et tubercules et les oléagineux. Le mil, le sorgho et le maïs couvrent respectivement 29%, 35% et 11% des superficies céréalières, le riz ne couvrant que 1% (Anonyme, 2014b). La consommation des produits céréaliers par habitant est de 243 kg/personne/an, ce qui est au-dessus de la norme qui est de 190 kg par personne par habitant (Anonyme, 2014). L'accroissement des aménagements de périmètres irrigués, de bas-fonds et l'appui des producteurs en engrais et semences améliorées, sont considérée comme le meilleur moyen pour atteindre une sécurité alimentaire et nutritionnelle. C'est ainsi que les cultures vivrières ont connu une importante hausse de productivité de nos jours, surtout le riz et le maïs qui représentent une part très élevée dans la consommation des ménages. Concomitamment à l'essor de cette production agricole, la transformation des céréales, qui est devenue une activité génératrice de revenus pour les femmes (Lebeurier, 2009), a connu une embellie considérable grâce à la mécanisation des opérations post récoltes. C'est ainsi que le nettoyage, le décorticage et la mouture se font respectivement au moyen de vanneuses, d'épierreurs, de décortiqueuses, et de moulins. Ces opérations visent à augmenter la productivité, à alléger la pénibilité du travail, tout en améliorant la qualité du produit. L'introduction de la vanneuse mécanisée à motricité humaine occasionne une perte importante en temps, en productivité et

nécessite des efforts physiques de mise en œuvre par les femmes. Aussi la mauvaise qualité du produit obtenu limite les transformatrices à l'accès des marchés exigeants et plus rémunérateurs, comme ceux des supermarchés (Dumouchel et Bangré, 2014), des pays voisins comme le Niger et la Côte d'Ivoire. C'est donc pour alléger la tâche des transformatrices et des producteurs que la vanneuse manuelle a été motorisée. Elle vise comme objectifs une productivité élevée, une réduction importante des pertes, une meilleure efficacité du nettoyage, donc un produit fini plus attractif et rentable. Cependant la faible maitrise des paramètres technologiques de l'équipement peut constituer un frein à l'atteinte de cet objectif (Kumar et Kalifa, 2017 ; Azouma *et al*. 2009). Il apparait donc nécessaire d'évaluer les conditions de performances de l'équipement afin de le rendre plus économique dans la chaine de transformation des céréales.

MATERIEL ET METHODES

Dans le cadre du Fonds Compétitif National du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest, une vanneuse motorisée a été développée et mise en œuvre. Il s'agit d'évaluer l'efficacité de cette vanneuse à travers les performances liées à cette opération post récolte. Il s'agit notamment de déterminer la productivité, l'efficacité de nettoyage, les pertes en grains dans les impuretés rejetées, et les performances économiques en prestation de service. La vanneuse (Figure 1) est une machine comportant un ventilateur entraîné par un moteur diesel de 2 CV à 2600 tr/mn de marque Ghangfa CH170F; une trémie pour charger le produit et deux sorties de récupération du produit propre et une sortie d'impuretés rejetées au sol. La vanneuse est polyvalente et permet le vannage de plusieurs produits céréaliers.

Le matériel végétal utilisé est le riz paddy et le maïs décortiqué. : L'enquête nous a permis de dresser un diagramme de traitement post récolte du riz étuvé à Boulbi et à Bama (Figure 2). Nous avons également dressé le diagramme de la transformation de la farine de maïs à Ouagadougou (Figure 3). L'opération indispensable où intervient la vanneuse motorisée est le vannage.

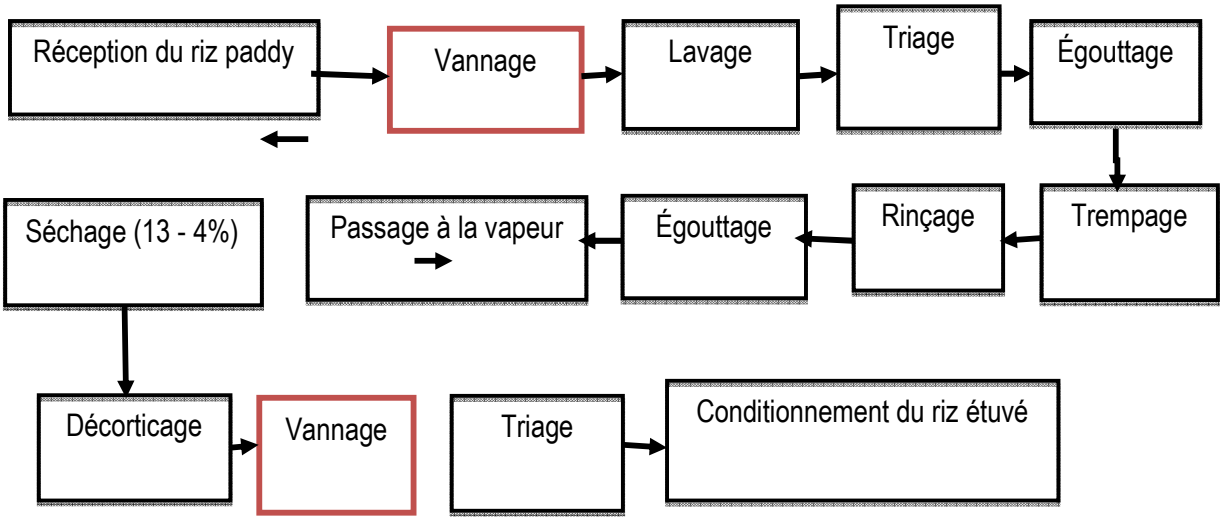


Figure 1: Diagramme opératoire de traitement post récolte du riz

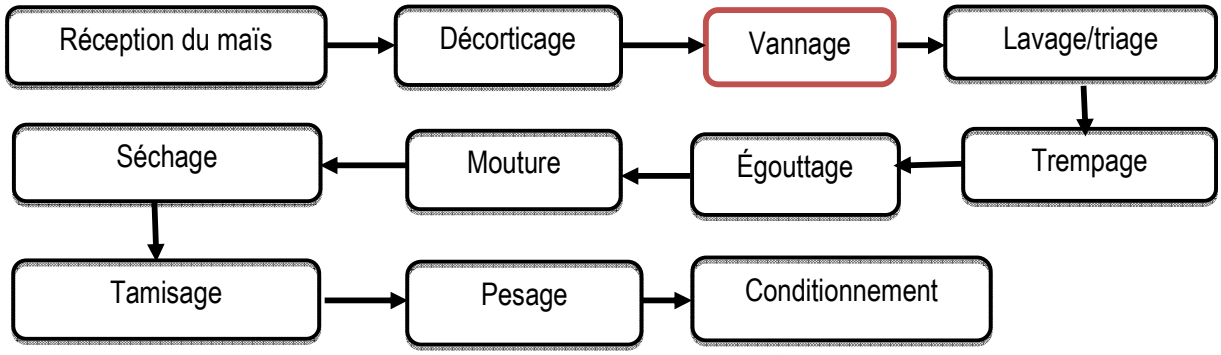


Figure 2: Diagramme opératoire de transformation de la farine de maïs à Ouagadougou

L'humidité résiduelle a été mesurée avant vannage à l'aide d'un humidimètre de marque Samap modèle H40. Le riz a été collecté et traité à Bama selon le processus présenté à la figure 2. Quant au maïs, il a été fourni par une transformatrice de Ouagadougou qui est en même temps une exportatrice de farine au Niger (Figure 3). Pour évaluer les performances (productivité, efficacité et pertes) dans le traitement des produits agricoles lors du vannage, les vitesses suivantes ont été testées : 25%, 50%, 75% et 100% de la vitesse maximale de 2600 tr/mn. La vitesse du moteur mesurée au moyen d'un tachymètre, à photo/contact de marque Bioblock Scientific, a indiquée des valeurs respectives de 238,75 tr/mn ; 477,50 tr/mn ; 716,25 tr/mn et 955 tr/mn. L'ouverture de la trappe d'alimentation de la chambre de vannage sous la trémie a été respectivement de 25%, 50% et 75%. Cette subdivision de l'ouverture de la trémie dans la chambre de vannage est un réglage effectué au moyen d'une réglette graduée au mm près. Les différents poids ont été déterminés avec une balance électrique de marque OHAUS de capacité 300 kg avec une précision de 0,01 kg et une balance de marque Sartorius BL3100 de capacité 3100 g et de précision 0,01g. Les tests de vannage ont été réalisés sur une bâche sur un sol plat donnant un niveau zéro au niveau à eau de maçon. Quatre échantillons pesant 20 kg par spéculation ont permis de faire quatre répétitions par vitesse et par ouverture de trémie pour chaque produit. A chaque réglage de la vanneuse, nous avons collecté les impuretés, les pertes, le produit propre ainsi que la durée de l'opération mesurée au moyen d'un chronomètre. En outre, des échantillons de 5 kg ont été prélevés du produit vanné pour y quantifier le taux d'impuretés. Cela nous a permis d'évaluer l'efficacité du vannage ('équation 10). Les données collectées ont permis d'évaluer les performances de la vanneuse par le calcul de la productivité, l'efficacité du nettoyage, le taux de pertes, la consommation de l'énergie, la rentabilité économique de l'opération. Le débit a été calculé selon Bationo (2010) par l'équation 1:

$$Q = \frac{P}{T} \times 60$$ (Équation 1),

Avec

Q le débit (kg/h), P la quantité de produit vanné et T la durée du traitement en mn. La consommation énergétique a été mesurée en fonction du type d'énergie (gasoil ou électricité). Dans le cas du moteur thermique, la simple différence de poids du moteur avant et après le traitement exprimé en kg que l'on multiplie par la densité du gasoil qui est de 0,880 selon la norme AFNOR T60 101 (Anonyme, 2003), soit 0,9 selon Bationo (2010), permet d'obtenir la consommation en litres pour une durée correspondante de l'opération en tenant compte des arrêts possibles. Cette consommation est calculée selon l'équation 2. La consommation électrique d'énergie est mesurée en faisant la différence des relevées du compteur avant et après vannage des produits.

$$CE(litres/heure) = \frac{(P1-P2)*0,9}{T} \times 60$$ (Équation 2)

avec,

T (mn) : la durée de vannage du produit ; P1 le poids du moteur plus carburant en kg avant le vannage et P2 le poids du moteur plus carburant en kg après le vannage..

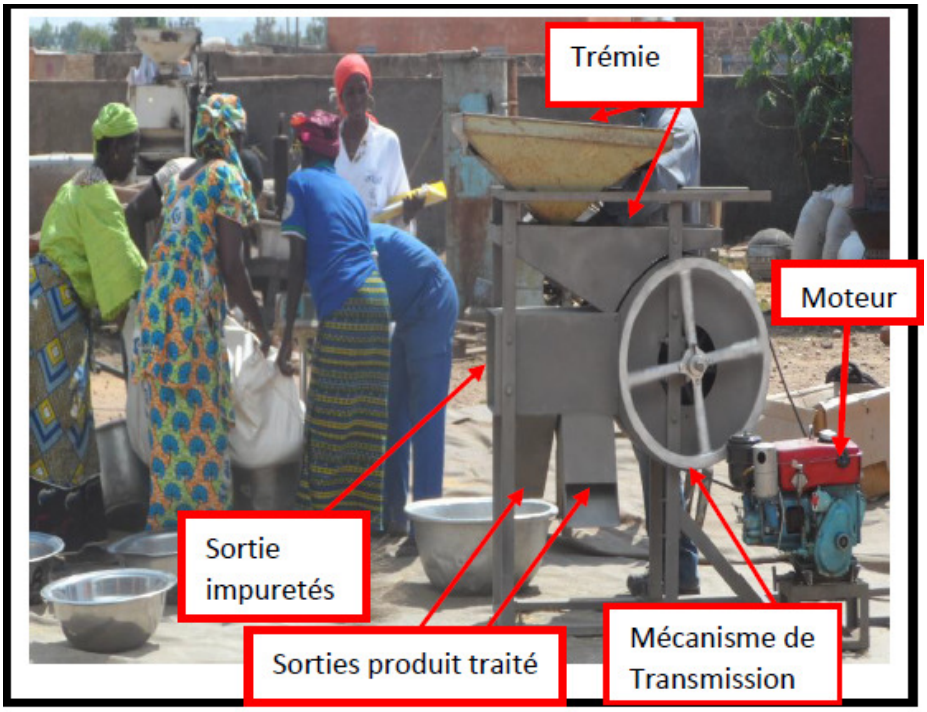


Figure 3 : Vanneuse en test avec les étuveuses de riz de Bama

La procédure d'évaluation des performances économiques du vannage est faite en tenant compte du coût d'utilisation de la vanneuse qui a été établi par les unions d'étuveuses de Bama et Boulbi sur la base des prestations réalisées sur une vanneuse manuelle. C'est pourquoi, afin de réaliser cette activité, les groupements de Bama, Boulbi et les transformatrices de Ouagadougou ont été consultés afin de prendre en compte les charges appliquées dans la transformation du riz et du maïs dans ces localités. Il s'est avéré que les coûts pratiqués étaient sensiblement les mêmes lors de l'enquête. Les coûts de prestation révélés par l'enquête sont les suivants :

– 30000 FCFA/mois pour le meunier, 15 000 FCFA /mois pour l'aide meunier à raison de 8 h de travail/jour ;

– Le coût de conception de l'équipement était de 650 000 FCFA et le taux d'intérêt de la Banque était de 8% et 365 jours de travail dans l'année. Pour le vannage, le profit et le revenu au vannage de chaque type de céréale ont permis d'estimer avec exactitude la valeur ajoutée de l'utilisation de la vanneuse. Les charges calculées sont :

Les charges de fonctionnement collectées lors de l'utilisation de l'équipement sont le prix de revient de la vanneuse, les charges de consommation et de maintenance, la main d'œuvre ainsi que la location et éventuellement les impôts et taxes qui sont utilisées pour calculer les charges : Les charges fixes sont représentées par l'amortissement de la vanneuse et la rémunération des opérateurs machines. L'amortissement annuel est calculé selon l'équation 3 :

$$\textit{Amortissement Horaire} = \frac{\left(\frac{Pm}{Dm} + Pm \times I\right)}{12 \times \textit{Nombre Jours Travail Mois} \times \textit{Nombre Heures Travail Jour}} \quad \textit{(Équation 3)}$$

Avec Pm- comme le coût d'acquisition de la machine en FCFA **; Dm**- la durée de vie de la machine en années et (I)-le taux d'intérêt de la banque qui est de 8 %. Et l'intérêt journalier de la banque est calculé selon l'équation 11 :

La charge horaire de maintenance est calculée selon les équations 4 et 5.

$$\textbf{Coût Réparation Annuelle} = 2(\%) \times \textbf{prix de la machine}$$ *(Équation 4)*

$$\textbf{Coût Réparation Horaire} = \frac{\textbf{Coût Réparation Annuelle}}{12 \times \textbf{Nombre Jours Travail Mois} \times \textbf{Nombre Heures Travail par Jour}}$$ *(Équation 5)*

La rémunération horaire des opérateurs machines est déterminée à partir des tarifs journaliers (Equation 6 et 7) pratiqués dans le milieu par le nombre de jours de travail.

$$\textbf{Coût Mensuel} = \textbf{Salaire Mensuel} \times \textbf{Nombre de personnes}$$ *(Équation 6)*

$$\textbf{Coût Horaires main d'oeuvre} = \frac{\textbf{Coût Mensuel}}{\textbf{Nombre Jours par mois} \times \textbf{Nombre Heures par jour}}$$ *(Équation 7)*

Les charges variables représentent les charges qui naissent lorsque l'outil est utilisé. Ce sont notamment le carburant, les huiles et le coût de la maintenance qui sont fonction de la durée et de la quantité du produit vanné. Le coût en carburant est la quantité de carburant consommée en litres multiplié par le coût du litre de gasoil. Pour l'électricité, la quantité d'énergie en kWh est rapportée au prix du kWh. Les recettes sont la quantité totale de produit traité multipliée par le prix du kilogramme nettoyé. Les conditions de rentabilité sont fonction des pratiques de gestion et d'organisation du travail et des prix pratiqués. Les prix pratiqués sont comparés au coût d'utilisation du nettoyage selon le type de céréales. Cela a permis de mesurer l'existence d'une marge bénéficiaire (MB) (Equation 8). Cette dernière a permis de connaitre la part de rentabilité économique de la vanneuse via les recettes totales (RT) et le coût de production (Cp).

$$MB = RT - Cp$$ (Équation 8) **avec MB** la marge bénéficiaire, et **RT** les Recettes totales.

Coût de production Cp est considéré comme la somme des charges fixes et des charges variables au vannage. L'adoption d'une vanneuse, selon FAO (2016), est conditionnée par la qualité du produit vannée le niveau des pertes et l'efficacité au nettoyage calculés selon les équations 9, 10 ,11 et 12.

$$\textbf{Taux de pertes}(\%) = \frac{\textbf{Pertes totales des grains}}{\textbf{Pertes totales} + \textbf{Grains propres obtenus}} \times 100$$ *(Équation 9)*

Efficacité du nettoyage ou taux de nettoyage (Sattar *et al,* 2015)

$$\textbf{Taux efficacité}(\%) = \frac{\textbf{Poids des grains propre}}{\textbf{Poids de l'échantillon}} \times 100$$ *(Équation 10)*

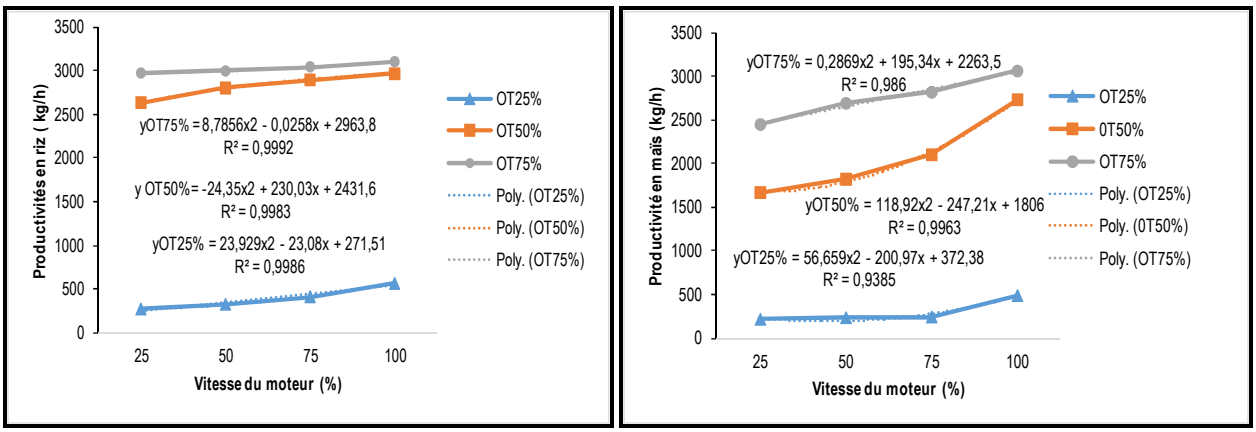
$$I_{\textbf{journalier de banque}} = \frac{Pm * I}{Dm * \textbf{nombre de jour de travail/an}}$$ (*Équation 11*)

Traitement et analyse des données : Le logiciel Excel 2007.a été utilisé pour analyser les données quantitatives. Ce logiciel a permis de saisir les données collectées, de concevoir des tableaux et graphiques puis de faire les calculs des valeurs liés aux traitements des céréales. Une analyse des données qualitatives collectées a été réalisée. Celle-ci nous a permis de rechercher les informations extraites des interviews et des fiches de collecte, d'en dégager le sens et d'en tirer la substance en rapport avec la vérification des hypothèses de travail.

RESULTATS

Évaluation de la productivité de la vanneuse motorisée : Les productivités enregistrées sont présentées à la figure 4a pour le riz et 4b pour le maïs. Ces valeurs sont obtenues lorsque le moteur est réglé à 25%, 50%, 75% et 100% de sa vitesse nominale soit 238,75 tr/mn ; 477,50 tr/mn ; 716,25 tr/mn et 955 tr/mn et en variant l'ouverture de la trémie à 25%, 50% et 75% à chaque vitesse réglée. La productivité du riz a varié de

270,51 kg/h à *3103,66* kg/h (Figure 4a). Cette productivité s'est améliorée significativement lorsque l'ouverture de la trémie a varié de 25%, 50% et 75%, mais elle a varié légèrement lorsque les vitesses du moteur ont été de 238,75 tr /mn ; 477,50tr/mn; 716,25tr /mn à 955tr /mn. La productivité la plus élevée du vannage (*3103,66* kg/h) a été obtenue avec l'ouverture de la trémie à 75% et la vitesse du moteur de 955 tr/mn alors que la plus faible productivité (270,51 kg/h) a été enregistrée avec 25% de l'ouverture de la trémie et une vitesse du moteur de 238tr /mn. Le maïs décortiqué a enregistré une productivité (Figure 4b) qui a varié de 215,68 kg/h à 238,75 tr/mn à 25% d'ouverture de trémie à 3061,22 kg/h à 955 tr/mn du moteur lorsque la trémie est à 75% d'ouverture. Les productivités enregistrées augmentent avec l'agrandissement de l'ouverture de la trémie et légèrement à la vitesse du moteur en charge de 238,75tr /mn ; 477,50 tr/mn ; 716,25tr /mn à 955tr /mn. L'évolution de la productivité a atteint sa plus forte valeur à *3103,66* kg/h pour un réglage de la trappe d'alimentation à 75% à la vitesse du moteur de 955 tr /mn pour le riz. La plus faible productivité de 215,68 kg/h a été obtenue à l'ouverture de la trémie de 25% et à la vitesse du moteur de 238,75 tr /mn (Figure 4b) pour le maïs. Les résultats obtenus ont montré que la productivité de la vanneuse est fonction du réglage de la trappe d'alimentation et est peu influencée par la vitesse du moteur. Les courbes de tendances de la productivité du riz et du maïs donnant la valeur de R^2=0,9≈1 montrent que les valeurs pratiques sont sensiblement égales aux valeurs théoriques d'où la marge d'erreur minimisée. Le taux d'humidité mesuré avant et après le vannage réduit de 0,5 à 1% pour le riz mais pour le maïs décortiqué, le son a été un handicape pour cette mesure.



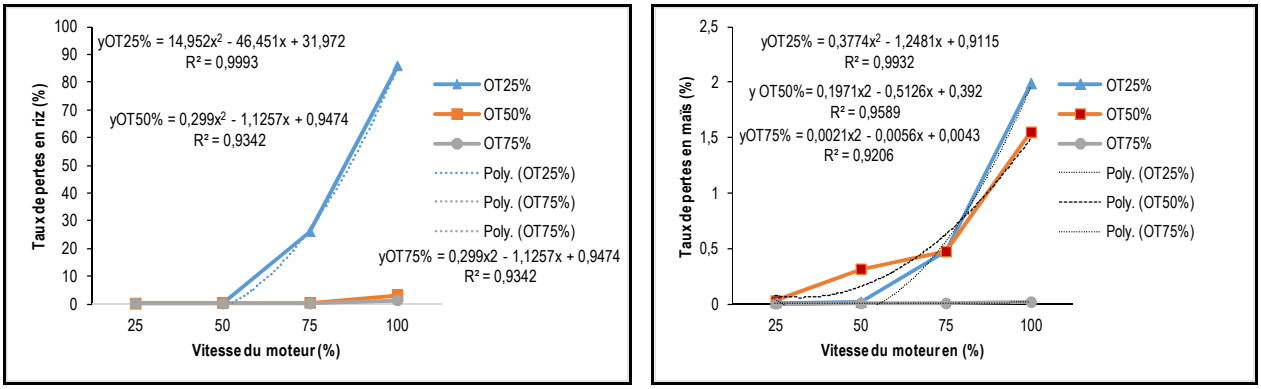
a) Riz b) maïs

Figure 4: Productivité au vannage en riz (a) et en maïs (b).

Évaluation des pertes à la vanneuse motorisée :

Les pertes enregistrées au vannage sont identifiées à la figure (5 a et 5b). Le vannage est effectué lorsque le moteur est réglé à 25%, 50%, 75% et 100% de sa vitesse nominale soit 238,75 tr/mn ; 477,50 tr/mn ; 716,25 tr/mn et 955 tr/mn et en variant l'ouverture de la trémie à 25%, 50% et 75% à chaque vitesse réglée. A ces conditions de travail, taux de perte en riz ont varié de 0,06% à 85,80%. Les pertes augmentaient avec la vitesse du moteur surtout à une faible ouverture de la trémie et diminuaient avec la vitesse du moteur. Les taux de perte les plus élevés ont été observés à l'ouverture de la trémie à 25% et aux vitesses du moteur de 955 tr/mn et de 716,25 tr/mn. Les plus faibles pertes ont été observées avec le traitement à 75% de l'ouverture de la trémie et à la vitesse 238,75 tr/mn (Figure 5 a). Dans les mêmes conditions de vannage que le riz, les pertes en maïs décortiqué ont varié de 0,01% à 1,99%. Les taux de perte les plus élevés ont été observés avec l'ouverture de la trémie à 25% et à la vitesse du moteur de 955 tr/mn. Malgré les pertes élevées à l'ouverture de trémie à 25% et à la vitesse du moteur de 955 tr/m, ce réglage est le seul réglage ayant permis de séparer les cailloux du maïs grains décortiqué lors du vannage. Les plus faibles pertes ont été enregistrées à 75% d'ouverture de la trémie à 238,75 tr/mn (Figure 5b). Les résultats obtenus, selon l'équation 1, ont montré que 25% de l'ouverture de la trémie occasionnait les pertes les plus élevées surtout lorsque les vitesses étaient élevées (716,25 et 955tr/mn). A 50% de l'ouverture de la trémie, les pertes étaient moyennes à 716,25 et 955tr/mn et faibles à 75% de l'ouverture de la trémie quel que soit la vitesse du moteur. Comme pour la productivité du maïs et du riz, les courbes de tendances des pertes de ces deux céréales donnent

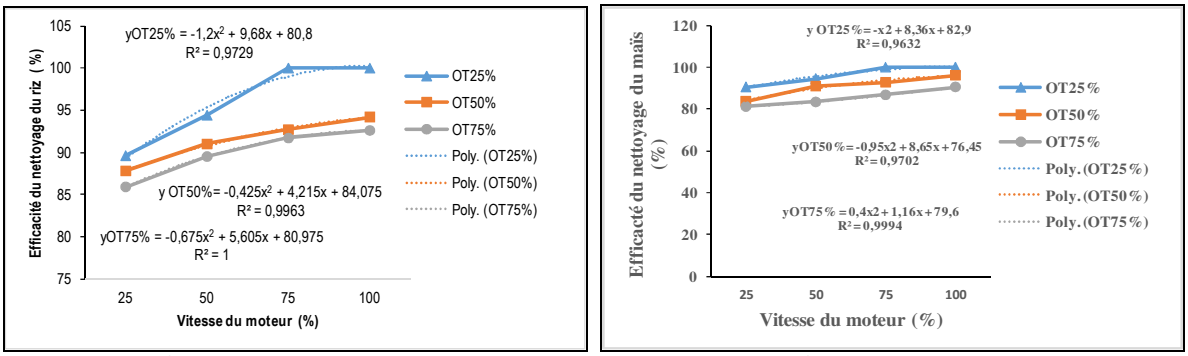
également la valeur de R^2=0,9≈1 montrent que les valeurs pratiques sont sensiblement égales aux valeurs théoriques d'où la marge d'erreur minimisée.



a) Riz *b) Maïs*

Figure 5: Effet de l'ouverture trémie et la vitesse du moteur sur les pertes en riz (a) et maïs (b)

Évaluation de l'efficacité du vannage selon le réglage de la vanneuse : Les efficacités au vannage du riz paddy et du maïs décortiqué enregistrées sont présentées à la figure 6a et 6b. Le vannage est fait lorsque le moteur est réglé à 25%, 50%, 75% et 100% de sa vitesse nominale soit 238,75 tr/mn ; 477,50 tr/mn ; 716,25 tr/mn et 955 tr/mn et en variant l'ouverture de la trémie à 25%, 50% et 75% à chaque vitesse réglée. L'efficacité du nettoyage du riz (Figure 6a) a varié de 89,06% à presque 100%. Les meilleurs taux d'efficacité de vannage du riz paddy ont été obtenus avec l'ouverture de la trémie à 50% à la vitesse de moteur de 716,25 tr/mn mais surtout à 955 tr/mn. Cependant, à la vitesse 955tr /mn le produit est totalement séparé des impuretés comme tous corps étrangers mais on observe à ce réglage, les pertes les plus élevées. Les plus faibles taux d'efficacité ont été obtenus avec l'ouverture de la trémie à 75% et à la vitesse du moteur de 328,75 tr/mn et de 477,50 tr/mn (Figure 4a). Le flux étant important, il faut une forte vitesse de rotation du ventilateur de la vanneuse pour une meilleure efficacité de vannage. Dans les mêmes conditions de vannage que le riz, L'efficacité du nettoyage au vannage du maïs décortiqué (Figure 6b) a varié de 81,2% à presque 100%. Les meilleurs taux d'efficacité de vannage du maïs ont été obtenus avec l'ouverture de la trémie à 25% et avec des vitesses du moteur respectives et croissantes de 716,25 tr/mn à 955 tr/mn. Les plus faibles taux d'efficacité sont obtenus à l'ouverture de la trémie à 75% et à la vitesse du moteur à 328,75 tr/mn et 477,50 tr/mn (Figure 6 b). Ces résultats ont révélé que l'efficacité de nettoyage diminuait avec l'augmentation de l'ouverture de la trémie et s'améliorait légèrement avec l'augmentation de la vitesse du moteur. Cette efficacité était donc fonction de la vitesse du ventilateur qui était elle-même liée à celle de la vitesse du moteur. A chaque niveau d'ouverture de la trémie, la qualité du vannage croit qualitativement avec l'augmentation de la vitesse du moteur. Mais cette qualité du nettoyage est meilleure à une ouverture réduite de la trémie. Au vu de ces résultats, nous pouvons dire que le taux d'efficacité de nettoyage augmentait avec l'accroissement de la vitesse du moteur mais diminuait avec l'augmentation de l'ouverture de la trémie. Pour l'efficacité du nettoyage du maïs et du riz, les courbes de tendances des pertes donnent également R^2=0,9≈1, indiquant que les valeurs pratiques sont sensiblement égales aux valeurs théoriques d'où la marge d'erreur minimisée.



a) Riz b) Maïs

Figure 6: Effet de l'ouverture de la trémie et de la vitesse du moteur sur l'efficacité du nettoyage du riz (a) et du maïs au vannage.

Évaluation du seuil de rentabilité : Les charges de la vanneuse étaient journalières au cours du vannage hors mis les taxes (Tableau 1). Une production moyenne de 2003,83 kg/h avec le réglage recommandé (50% de l'ouverture de la trémie et 75% de la vitesse du moteur) selon l'analyse des résultats

Tableau 1: Évaluation des charges en coûts journaliers

Charges	Vanneuse motorisée	Équation utilisée pour le calcul
Charges variables (FCFA)/jour		
Carburant (gasoil)	745,92	2
Entretien et réparation	36,61	5
Amortissement	583,33	3
Charges fixes (FCFA)/jour		
Deux meuniers	1733,76	7
Intérêt du capital	28,49	11
Total des charges /j	**3128,11**	

Estimation de la marge bénéficiaire : La marge bénéficiaire, calculée selon l'équation 8, est la somme restante après des charges totales. Elle permet d'apprécier la rentabilité de l'activité dans le temps. Pour bénéficier d'une marge bénéficiaire, les utilisateurs de la vanneuse motorisée doivent fixer un prix de location journalier supérieur à 3128,11FCFA soit 20 FCFA/100 kg. Si les utilisateurs fixent les frais de prestation à 200 FCFA /100kg de paddy comme les prestataires de la ville de Ouagadougou, ils auront un gain en prestation de 32 061,12 FCFA /jour soit une marge de 28 933,01 FCFA /jour. Si les frais sont fixés à 500 FCFA/100kg comme avec la trieuse calibreuse selon WALLI (2016), ils auront un gain en prestation de 80152,8 FCFA/jour soit une marge bénéficiaire de 77024,69FCFA/jour. Il ressort donc de ces calculs que l'équipement placé en prestation peut être rentable pour les unions.

DISCUSSION

Identification d'un réglage adapté au vannage d'un produit agricole : L'analyse des résultats du vannage du maïs révèle qu'à 25% de l'ouverture de la trémie, la vanneuse a enregistré le meilleur taux d'efficacité du nettoyage pouvant atteindre presque 100% et un taux de perte de 0,01% à 1,99%. Il montre, dans ces conditions, une faible productivité allant de 215,69 kg/h à 487,41 kg/h. A 75% d'ouverture de trémie, les plus faibles taux de perte, allant de 0,01% à 1,44%, sont enregistrés pour une productivité très élevée allant de 2447,41 kg/h à 3061,22 kg/h à une faible efficacité de nettoyage s'établissant entre 81,20% à 96,2%. A l'ouverture de la trémie à 50%, la vanneuse a enregistré un taux moyen de productivité allant de 1666,67 kg/h à 2731kg/h, un taux tolérable d'efficacité et de perte. L'influence de la vitesse du moteur révèle qu'à toutes les ouvertures de la trémie, la vitesse à 238,25 tr/mn produisait les plus faibles taux de productivité et d'efficacité de nettoyage et la vitesse à 955 tr/mn engendrait les plus fortes pertes, même si la qualité du nettoyage et la productivité restaient les

meilleures. La vitesse de 477,50 tr/mn (50%) produisait un taux d'efficacité et de perte moyen mais la productivité reste inférieure à celui obtenu à la vitesse de 716,25 tr/mn (75%). Par contre, la qualité du nettoyage à la vitesse de 716,25 tr/mn (75%) restait supérieure à la vitesse de 477,50 tr/mn (50%) pour une même ouverture. Au regard de ces résultats, nous recommandons un réglage de la vanneuse à 50% d'ouverture de la trémie à la vitesse du moteur à 716,25 tr/mn pour le vannage du maïs. Quant au vannage du riz, les résultats ont révélé qu'à 25% d'ouverture de la trémie, la vanneuse a enregistré la meilleure efficacité du nettoyage pouvant tendre vers 100% mais avec une faible productivité allant de 270,51 kg/h à 563,91kg/h et un taux plus élevé de pertes allant de 0,07% à 84,90%. Quant à l'ouverture de la trémie 75%, la vanneuse a enregistré la meilleure productivité allant de 2973,24 kg/h à 3103,66 kg/h et le plus faible taux de perte allant de 0,06% à 1,29% mais un plus faible taux d'efficacité de nettoyage compris entre 85,90% à 92,60%. A l'ouverture de la trémie à 50%, la vanneuse a enregistré un taux moyen de productivité allant de 2635,05 kg/h à 2963,43 kg/h, un taux acceptable d'efficacité du nettoyage proche de 94,20% avec une perte maximale de 3,19%. Au regard de ces résultats, nous recommandons un réglage de la vanneuse à 75% ou 50% d'ouverture de la trémie pour le vannage du riz. Mais nous recommandons de préférence 50% de l'ouverture de la trémie pour une meilleure qualité du produit. L'effet de la vitesse sur le résultat de nettoyage a révélé qu'à toutes les ouvertures de la trémie, la vitesse de 238,25 tr/mn produisait les plus faibles taux de productivité et d'efficacité de nettoyage, la vitesse de 955 tr/mn produisait les plus fortes pertes même si la qualité du nettoyage et la productivité restaient les meilleures. La vitesse de 477,50 tr/mn (50% de la vitesse du moteur) produisait un taux d'efficacité et un taux de perte moyen mais le taux de productivité restait inférieur par rapport à celui obtenu à la vitesse de 716,25 tr/mn (75%). Par contre, la qualité du nettoyage à la vitesse de 716, 25 tr/mn (75% de la vitesse du moteur) restait supérieure à celle de la vitesse de 477,50 tr/mn à 50% d'ouverture de trémie. Au regard de ces résultats, nous recommandons une vitesse de 75% soit 716,25 tr/mn pour le vannage du riz. Le choix de 50% du réglage de la trémie et la vitesse du moteur 75% soit 716,25 tr/mn pour le nettoyage des céréales est confirmé par les données de Bama (Figure 7 (a, b et c).

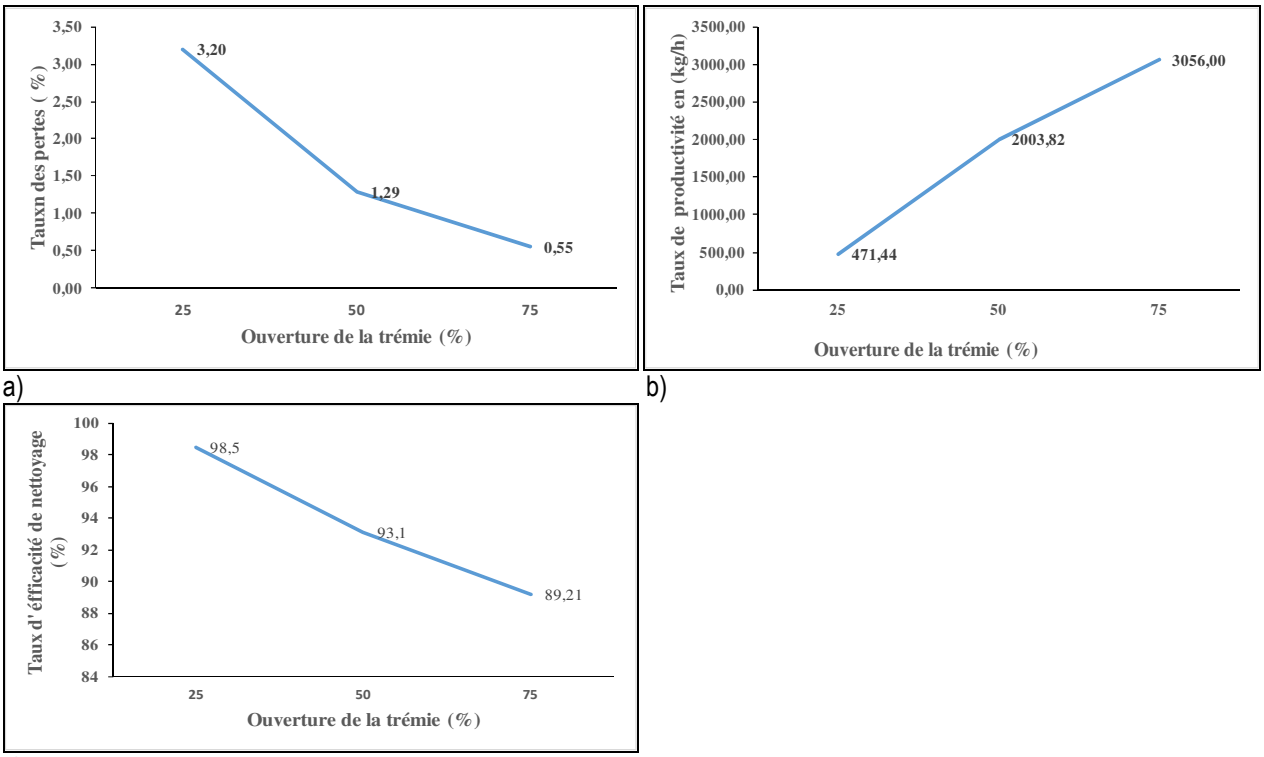


Figure 7: Effet d'ouverture de trémie et de la vitesse du moteur le taux de productivité (a), les pertes (b) et l'efficacité du nettoyage du riz (c)

Intérêt de la vanneuse dans la chaine de transformation du riz et du maïs : Les résultats de l'enquête ont montré que la vanneuse revêtait un grand intérêt dans la chaine de transformation du riz et du maïs décortiqué. L'utilisation des équipements comme la vanneuse motorisée dans les opérations post-récolte contribue à réduire la pénibilité des opérations de la chaine de transformation. La vanneuse motorisée minimise le temps de vannage et nous avons mis 3,12±0, 68 mn pour vanner 100kg selon nos réglages recommandés. Ce qui corrobore avec les résultats de (Bassolé et Bassolé, 2015) qui ont montré que le temps de vannage d'un kilogramme de paddy par une femme est de 0,90 mn par la méthode manuelle et 0,3 mn avec la vanneuse mécanique soit un gain de productivité de 0,6 mn/kg par rapport au vannage manuel. Ces résultats corroborent ceux de Dédédji *et al*. (2008) qui ont montré qu'il y avait une diminution de 77 % de durée de travail dans les opérations après l'introduction d'une épépineuse de tomates dans le processus de production de purée de tomate. Grâce à la vanneuse, la motricité humaine a été remplacée par la puissance motorisée car avant, le vannage manuel coûtait en force physique (Sanogo *et al*., 2014) et les transformatrices se sentaient fatiguées après l'opération. Les balles vides séparées par la vanneuse motorisée sont utilisées comme combustible dans le four à balles de riz en remplacement du bois, contribuant ainsi à la réduction de la coupe abusive du bois et les dépenses d'approvisionnement en bois de chauffe utilisés dans l'étuvage du riz **(**Dumouchel et Bangré, 2014). La vanneuse motorisée offre une productivité élevée et une meilleure qualité .qui allait de 471,44 à 3056 kg/h contrairement à la vanneuse manuelle qui ne permettait qu'une productivité de 400 kg/h (Sanogo *et al*., 2014). Cette vanneuse motorisée minimisait également les pertes avec une moyenne de 1,29% et une efficacité nettoyage en moyenne de 93,10% selon les réglages recommandés.

Paramètres de réglage optimum de vannage du maïs : Les résultats obtenus au vannage du maïs montrent que l'augmentation de l'ouverture de la trémie entrainait une augmentation de la productivité du vannage. Cependant, cette productivité variait en fonction des produits et du matériel utilisé. A 25% de l'ouverture de la trémie, le maïs présentait un faible taux de productivité inférieur à celui d'une ouverture à 50% d'ouverture de la trémie. La productivité la plus élevée a été atteinte à 75% d'ouverture de trémie. Dans les mêmes conditions de réglage, la productivité en riz vanné restait supérieure à la celle du maïs. Une telle différence pourrait être liée à la différence dans les caractéristiques physiques de ces 2 céréales (densité, taille et poids des grains). Nous avons recommandé 75% d'ouverture de la trémie et la vitesse de 716,25 tr/mn. En outre, les résultats ont révélé que le taux de productivité était plus fonction de l'ouverture de la trémie que de la vitesse du moteur. Par conséquent l'ouverture de la trémie à 50% est recommandée pour le vannage du maïs car elle offre le meilleur taux de productivité au vannage pouvant atteindre 3061,24 kg/h à 975 tr/mn. Les pertes au vannage avec les réglages recommandées étaient comprises entre 1-3%, ce qui corrobore les propos de Hodges (2013**)**. En effet, les pertes maximales au vannage du maïs avec les réglages recommandés étaient de 1,29 ± 0,0036% et donc étaient inférieures à 3%. Cette nuance s'explique par le fait que la vitesse de réglable du moteur et l'ouverture de la trémie permettaient de minimiser les pertes mais également l'introduction des bâches a contribué à réduire les pertes lors des traitements post-récoltes **(**FAO, 2016). La vanneuse vise à améliorer la qualité du produit car les impuretés font parties des facteurs limitant de la commercialisation des céréales comme le riz local étuvé (Sangaré, 2011).

Paramètres de réglage pour un vannage optimum du riz : Lorsque le riz était vanné en variant l'ouverture de la trémie, une augmentation de la productivité s'en suivait. La productivité était faible à 25% d'ouverture de la trémie, moyenne à 50% et élevée à 75% d'ouverture. Donc, la productivité la plus élevée a été atteinte à 75% d'ouverture de la trémie. Mais la productivité du riz était supérieure à celle du maïs pour les mêmes taux d'ouverture de la trémie. Cette différence de productivité entre les deux céréales pourrait être liée à des différences dans les caractéristiques physiques de ces spéculations (la taille et le poids des grains). La productivité d'une céréale donnée était plus fonction de l'ouverture de la trémie que de la vitesse du moteur. Par conséquent, l'ouverture de la trémie à 50% ou à 75% à la vitesse de 716,26 tr/mn du moteur est recommandée pour le vannage du riz. Mais, on choisira de préférence 50% d'ouverture de trémie car à cette valeur la productivité du riz était de 2864,42 kg/h avec une efficacité de nettoyage de 92,70% par rapport à l'ouverture de 75% qui offrait une productivité de 3044,75 kg/h mais une efficacité de 91,70%. L'ouverture de la trémie à 25% et à la vitesse de 716,25 tr/mn ou de 955 tr/mn n'est pas à encourager bien qu'elle présente le meilleur taux d'efficacité du vannage. En effet, les taux élevés de pertes pouvant atteindre 85,8% et les faibles taux de productivité de 270,15 kg/h y ont été enregistrés avec ce niveau d'ouverture de trémie. Les pertes observées au cours du vannage avec les réglages

recommandées étaient comprises entre 1 et 3%. Ce qui est en cohérence avec les travaux de Hodges (2013). Mais le maximum des pertes au vannage du riz avec les réglages recommandés était de 1,29 ±0,0036% au lieu de 3%. Cette différence s'explique non seulement par le fait que la vanneuse dispose d'un système de réglage de la vitesse du moteur et d'ouverture de la trémie qui permettent de minimiser les pertes.

CONCLUSION

Le choix de la vanneuse est motivé par son importance qualitative dans la chaine de transformation du riz étuvé et de la farine de maïs. La mécanisation du vannage comme opération répétitive dans le processus de la transformation du riz et du maïs est très capitale. Elle permet une amélioration de la productivité tout en minimisant les pertes, allège les tâches des vanneuses et améliore la qualité du produit fini. Les travaux pratiques de vannage sur le terrain nous ont permis d'identifier 50% d'ouverture de la trémie à la vitesse de 75% du moteur pour le nettoyage des céréales ce qui est confirmé par les résultats de Bama comme optimum pour une productivité accrue, une meilleure qualité de nettoyage tout en minimisant les pertes. Cependant, le taux de productivité, le taux d'efficacité du nettoyage ainsi que le taux de pertes varient en fonction du réglage de la vitesse du moteur, de l'ouverture de la trémie et des spéculations sèches traitées. Par conséquent, les conditions opératoires doivent être fixées pour chaque céréale. La marge financière peut atteindre entre 28933,01 FCFA/jour et 77024,69 FCFA/jour si les utilisateurs fixent respectivement les frais de prestation à 200F /100kg et 500f/100kg vannés pour tout produit. C'est dans ces conditions que l'équipement procurera des revenus pourvu que les frais journaliers soient supérieurs à 3128,11 FCFA soit 20 FCFA par sac de 100kg de céréales traité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anonyme, 2003. Tableau spécifications - décret n° 2003-415. Dakar : décret abrogeant et remplaçant le décret 2002-03 du 10 janvier 2002 fixant les spécifications applicables aux hydrocarbures raffinés. Online www4.total.fr/Senegal/pdf /Tableau%20spécifications.pdf. Consulté le 26/07/2017

Anonyme, 2014a. Les politiques agricoles à travers le monde quelques exemples : Burkina Faso. Online : agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/ fichepays2014-burkina-faso_cle499519.pdf. Consulté le 30/07/2017

Anonyme, 2014b. Burkina Faso : Analyse Globale de la Vulnérabilité, de la Sécurité Alimentaire et de la Nutrition (AGVSAN). Online : documents. wfp.org/stellent/groups/public/documents/ena/wfp266835.pdf. Consulté le 30/07/2017.

Bassolé IHN, Bernt C, Bikienga B, Massone S, Sanguisso A, Touré B, Traoré B. (2013). Amélioration de la qualité du riz. Manuel du formateur. Cahier N°2. Online : http://www.inter-reseaux.org/IMG/pdf/Manuel_formateur_qualite_du_riz_05_06_2103_2.pdf, Consulté le 17/10/ 2016

Bationo BP, 2010. Étude des performances techniques et aspects socio-économiques de la décortiqueuse de céréales dans les villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso. Mémoire de fin d'études. Ouagadougou : université polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). 57p.

Henry PE, 2016. Genre et marché. Étude de cas VAM - Burkina Faso. RAPPORT Final Online: documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ena/wfp287839.pdf.Consulté le 30/07/2017

Dumouchel S, et Bangré EBP, 2014. L'autonomie économique des femmes. Un levier pour l'égalité entre les femmes et les hommes. Le cas des femmes étuveuses de riz de Bama au Burkina Faso, Uniterra : Programme CECI et EUMC, 17p. Online : http://docplayer.fr/21774694-L-autonomie-economique-des-femmes-un-levier-pour-l-egalite-entre-les-femmes-et-les-hommes-le-cas-des-femmes-etuveuses-de-riz-de-bama-au-burkina-faso.html. Consulté le 08/08/2017

FAO, 2011. Programme continental de réduction des pertes après récolte. Évaluation rapide. Document de travail – Cameroun. Rome : Fao, 94p. Online : www.fao.org/3/a-au869f.pdf, Consulté le 09/08/2017

FAO, 2016. Étude diagnostique de la réduction des pertes après récolte de trois cultures, sorgho, maïs, niébé, Rapport de synthèse Burkina Faso, 140 p.

Hodges R, 2013. How to assess postharvest cereal losses and their impact on grain supply: rapid weight loss estimation and the calculation of cumulative cereal losses with the support of

APHLIS. Natural Resources Institute University of Greenwich Chatham Maritime.

Dededji M, Ahouansou ET, Hounhouigan J D, 2008. Évaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production d'attiéké au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin N° 61

Lebeurier N, 2009. Investir dans la transformation de céréales locales. Grain de sel nº 45.

Sangaré D, 2011. Étude du marché sur le riz local. UNPR-B, Oxfam, 68p. Online : www.inter-reseaux.org/IMG/pdf/Rapport_e_tude_de_marche__riz_local.pdf, Consulté le 09/08/2017

Sanogo O, YE S G, 2014. Développement d'un four, un gazogène et une trieuse-calibreuse de riz adaptés au travail des femmes étuveuses. Ouagadougou : convention OXFAM/IRSAT. 85p.

Bassolé I. H. N. et Bassolé D., 2015. État des lieux des technologies utilisées et des différentes étapes du processus d'étuvage dans les centres au Burkina. Rapport final. 70p.

Muhammad Sattar M., Mueen-u-Din, Ali M., Ali L., Waqar M. Q., Ali M. A., Khalid L., 2015. Grain Losses of Wheat as Affected by Different Harvesting and Threshing Techniques. International Journal of Research in Agriculture and Forestry Volume 2, Issue 6, June 2015, PP 20-26

Azouma O. Y., Porosi M., and Yamaguchi K., 2009. Design of throw-in type rice thresher for small scale farmers. Indian Journal of Science and Technology Vol.2 No. 9 (Sep 2009) ISSN : 0974-6846. 14p.

Kumar D and Kalita P., 2017. Reducing Postharvest Losses during Storage of Grain Crops to Strengthen Food Security in Developing Countries ADM Institute for the Prevention of Postharvest Loss. USA : University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana. 22p.

Walli D., 2016. Analyse de la rentabilité du traitement post-récolte du riz paddy par prestation au moyen des nouvelles technologies : cas de la trieuse-calibreuse dans la commune de boulbi et de Mogtedo. Mémoire de fin de cycle. Ouagadougou : Institut Polytechnique Shalom. 87p.