

Valorisation des résidus agro-industriels pour combustibles énergétiques à Tsangambato Mampikony et ses environs

**R. H. Randimbiarivelo¹, A. O. Ravoninjatovo³, M. Z. Rasolonjatovo¹,
K. J. P. Ramiandrivelo², H. P. B. Randrianirainy³**

¹ Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation (EDGVM), Université de Mahajanga

² Ecole Doctorale des Ecosystèmes Naturels (EDEN), Université de Mahajanga

³ Centre National de Recherches Industrielle et Technologique (CNRIT), Antananarivo

Correspondant : ronald_arison@yahoo.fr

RESUME

Pour faire face au changement climatique et à la dégradation de l'environnement, les pays du monde entier focalisent leur politique sur la diversification énergétique. Pour Madagascar, sa politique a été orientée vers le développement des sources d'énergie alternative dont la valorisation énergétique des résidus agro industriels à travers la production de briquelette combustible. Pour cette dernière, un travail, entrant dans le contexte de lutte contre la déforestation et de la recherche d'un nouveau combustible écologique, durable et à haut rendement calorifique, a été mené au village de Tsangambato, District de Mampikony et ses environs. L'objectif principal était de contribuer à la valorisation énergétique des résidus agro-industriels disponibles et à fort pouvoir calorifique. Les objectifs spécifiques consistent respectivement de déterminer les dépenses mensuelles en combustibles usuels des ménages par catégorie socioprofessionnelle, d'évaluer la performance de technologies de briquetages utilisées et de déterminer l'efficacité énergétique des briquettes obtenues par rapport au bois énergie à partir du test d'ébullition d'eau et de cuisine contrôlée. Des investigations ont été faites auprès des ménages sur leur besoin en combustibles. Des presses manuelles et des presses à vis mécanisés ont été utilisées pour la confection des briquettes à base des résidus agro-industriels. Les résultats sont concluants : presque la moitié du salaire mensuel du Cadre D a été consacrée pour l'achat des combustibles pour la cuisson. La presse à vis mécanisé a été plus bénéfique. Le test d'ébullition d'un litre d'eau a montré que la Briquelette N°2 a eu une efficacité énergétique significative par rapport aux autres produits compte tenu de son rendement thermique élevé et sa puissance de feu. Des travaux restent encore à faire, face à l'insuffisance des produits et au besoin des ménages, à savoir : l'instrumentation en matériels de briquetage au niveau local et l'amélioration de la vitesse de démarrage du feu pour que les produits deviennent le combustible principal.

Mots clés : Briquettes, combustibles, résidus agro-industriels, technologies, valorisation

ABSTRACT

Face to climate change and environment degradation, countries in the world concentrate their policy to the energetic variable. About Madagascar, it leads to the substitute energy sources development as energetic valorization of agro industrial wastes by briquette combustible production. For latter, a work, in the context of fight against deforestation and discovery of new ecological, durable with high calorific productivity combustible, was carried out in Tsangambato village in Mampikony District and surrounding area. The main objective was to contribute to the energy recovery of available agro-industrial wastes, with high calorific value. The specific objectives consist to determine the monthly household fuel expenditure according to the socioprofessional category, to evaluate the performance of briquetting technologies and to determine the energy efficiency of obtained briquettes with wood and charcoal from Boiling test and controlled cooking test. Investigations were carried out to households on their fuel needs. Manual presses and mechanized screw presses were used to make briquettes from agro-industrial residues. The results were concluded : almost half of Executive D's monthly salary was spent on purchasing fuel to cook the food. The mechanized screw press was more beneficial. Water boiling test of 1 liter showed that Briquette N°2 had significant energy efficiency compared to other products given its high thermal efficiency and firepower. Work still remains to satisfy the households' needs, as : instrumentation in briquetting equipment at the local area and improving the speed of fire start-up so that the products become main fuel.

Keywords : Briquettes, fuels, agro-industrial wastes, technologies, valorization

INTRODUCTION

Sur le plan mondial, les résidus agricoles représentent un potentiel énergétique très important. Il est nécessaire de trouver une solution au problème de bois énergie par la valorisation de ces résidus. Il s'agit de transformer des balles de riz en briquettes [2]. Les briquettes sont des biocombustibles qui sont surtout utilisés dans les pays développés où les combustibles domestiques ne sont pas disponibles [7].

A Madagascar, le bois énergie constitue le combustible de cuisson privilégié pour 90 % des ménages. Il est nécessaire de couper 100 kg de bois pour produire 10 kg de charbon [3]. Ainsi, les pressions sur les ressources forestières sont de plus en plus fortes pour satisfaire les besoins de chaque ménage en énergie [5]. La « Société de Culture de Tabacs à Madagascar » (SOCTAM) et la Société Madacompost à Mahajanga produisent en général des briquettes à des fins industrielles.

Vue cette situation, le but principal de notre étude a été de contribuer à la valorisation des déchets agro-industriels en briquettes pour les ménages. Les objectifs spécifiques consistent à déterminer les dépenses des ménages en combustibles, évaluer la performance de technologies de briquetages utilisés et déterminer l'efficacité énergétique des briquettes avec les tests de combustion afin de substituer le charbon.

I. MATERIELS ET METHODES

I.1. Matériels

Les résidus agro-industriels ont été valorisés en briquettes. Les briquettes confectionnées ont été étudiées, à savoir : B1 et B2 à base de sciure de bois, de coque de coco et carton-papier ; B3 et B4 à base de balle de riz, de carton-papier et de poudre de tabac. B1 et B3 ont été fabriquées à partir de la presse manuelle et pour les cas de B2 et B4 issues de la presse à vis mécanisée. La performance de ces deux technologies de briquetage a été évaluée pour savoir la faisabilité de notre projet.

I.2. Méthodes

Des investigations et des tests de combustion ont été faits dans les sites d'étude : Labandikely de la Société SOCTAM, auprès des ménages au village Tsangambato et ses environs à Mampikony, dans la Région Sofia en 2016.

I.2.1. Enquêtes semi-directives informelles

Une enquête a été menée sur les combustibles usuels pour cuire la nourriture. La question consistait à déterminer la consommation et les dépenses en combustibles dans chaque ménage c'est-à-dire l'impact budgétaire de l'utilisation de ces combustibles. Dans ces localités, 80 personnes de 25 à 70 ans ont été questionnées. Le questionnement a été posé sur les deux sexes, mais surtout les femmes car ce sont les femmes, qui s'occupent généralement de la cuisine.

II.2.2. Test d'ébullition

Lors du test, il faut s'assurer que toute l'eau boue et mesurer la température d'ébullition de l'eau à l'aide d'un thermocouple. Les températures ont été mesurées sur un intervalle de plus de 5 min. Dans le but d'avoir des données fiables sur l'efficacité des briquettes, trois tests d'ébullition de l'eau pour chaque type de briquette ont été effectués. Les différentes variables (les quantités de briquettes consommées, l'eau vaporisée, l'eau restante, la durée du test, l'efficacité thermique, le taux brûlant, la consommation spécifique de briquettes et la puissance du feu) ont été déterminés. La puissance du feu (kW) est donnée par la formule [2] :

$$F_{pc} = \frac{f_{cm} \times PC}{60 (T_{cf} - T_{ci})}$$

Avec :

F_{pc} : Puissance du feu

PC : Pouvoir calorifique des briquettes

f_{cm} : Poids de briquettes consommées

II.2.3. Test de cuisine contrôlée

Le test de cuisine contrôlée consiste à effectuer différentes cuissons avec des plats typiquement locaux, en particulier le haricot, le manioc séché et le riz blanc. Les briquettes de charbon de terre sont testées en utilisant des foyers améliorés courants. La quantité de combustible consommée et le temps requis pour la cuisson ont été mesurés. Les résultats obtenus ont été comparés avec les combustibles usuels tels que le charbon de bois et le bois de chauffe, pour les mêmes plats [6].

II. RESULTATS

II.1. Résultats d'enquête auprès de la population

La **figure 1** ci-dessous illustre l'impact de la consommation de charbon de bois et des bois de chauffe sur les budgets ménages selon les quatre cadres constitutifs du personnel, à savoir : Cadre A, Cadre B, Cadre C et Cadre D en milieu urbain et rural. Pour la consommation de 64 000 Ar (16,72 €) en combustibles pour la cuisson pendant un mois, le Cadre D dépense 46 % de leur salaire mensuel en milieu rural, contre 40 % en milieu urbain. Ces taux ont été dus à la faible prestation salariale alors que le prix du combustible concerné n'a cessé d'augmenter.

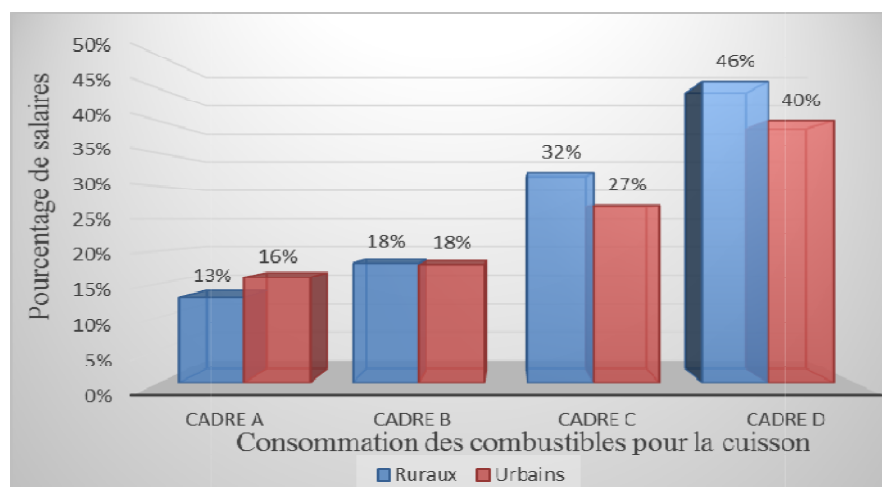


Figure 1 : Salaire mensuel pour les combustibles domestiques

Cadre A : diplômé de BACC + 2

Cadre B : diplômé de baccalauréat

Cadre C : diplômé de BEPC

Cadre D : diplômé de CEPE

II.2. Résultats des travaux

III.2.1. Caractéristiques de deux technologies de briquetage

Les résultats de l'analyse peuvent être utilisés pour identifier la viabilité de la production de briquettes en termes de l'utilisation de la matière première la plus appropriée, la viabilité financière des différents systèmes de production, la capacité de production optimale et les avantages socio-économiques qui peuvent être obtenus pour chaque système de production. La biomasse densifiée a été homogène. La presse manuelle avec les matériels associés ont eu une faible probabilité d'entretien, de consommation d'énergie et de défaillance des pièces. Le **tableau** suivant montre l'analyse des deux technologies de confection de briquettes.

Tableau : Comparaison des technologies de confection de briquettes

Critères	Presse à vis	Presse manuelle
Force	- Forte capacité de production : 150 - 400 kg/h - Pression de 80 à 90 kg/cm ³	- Faible usure des pièces de contact - Faible consommation d'énergie spécifique - Faible entretien
Faiblesse	- Usure des pièces de contact élevée - Fréquence de l'entretien	- Faible capacité de production : 10 - 20 kg/h - Pression : 200 kg/briquette, 3 kg/cm ² , soit 33 bars - Technologie fabriquée localement
Opportunité	- Rendement de combustion des briquettes : très bon - Convenance de la biomasse densifiée à la combustion : approprié	- Convenance de la biomasse densifiée à la combustion : approprié
Menace	- Pièce de rechange : très peu - Consommation d'énergie spécifique : 16 kWh/t	Résistance au choc des briquettes confectionnées : moins bon

III.2.2. Résultats des tests d'ébullition

La quantité de B1 consommée en 30 minutes pour le test d'ébullition de l'eau a été de 332 g, correspondant à un taux brûlant (r_{cb}) de 10 g/min, pour une puissance du feu (F_{cp}) s'élevant à 0,29 kW. Tandis que pour B2, la quantité consommée en 30 minutes a été de 173 g, correspond à un taux brûlant de 5 g/min et la puissance du feu s'est élevée un peu à 0,34 kW. Notons que le taux brûlant est le rapport entre l'équivalent de briquettes consommées et la durée du test.

La **figure 2** suivante illustre la différence entre la puissance du feu en kW des quatre échantillons de briquettes testés dans des conditions réelles pour le test d'ébullition de deux litres d'eau.

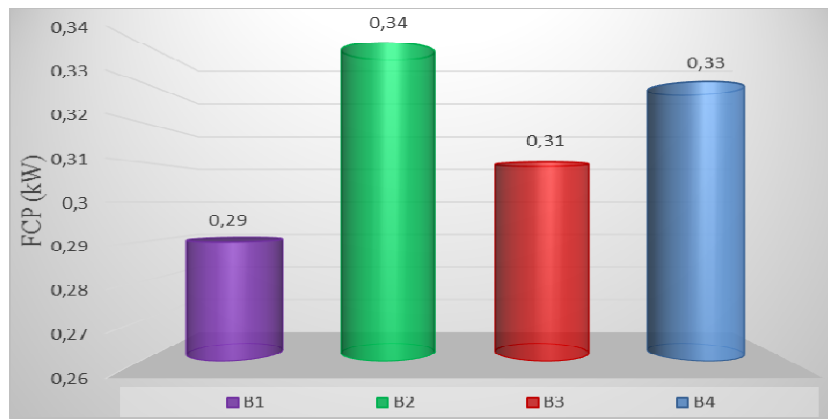


Figure 2 : Comparaison de la puissance du feu des quatre types de briquettes

B1 : Briquette N°1, **B2** : Briquette N°2, **B3** : Briquette N°3 et **B4** : Briquette N°4

III.2.3. Résultats du test de cuisine contrôlée

La **figure 3** suivante montre les résultats de tests faits avec des combustibles (Briquettes, Charbon de bois et Bois de chauffe) sur les différents types de nourritures quotidiennement préparés par les ménages.

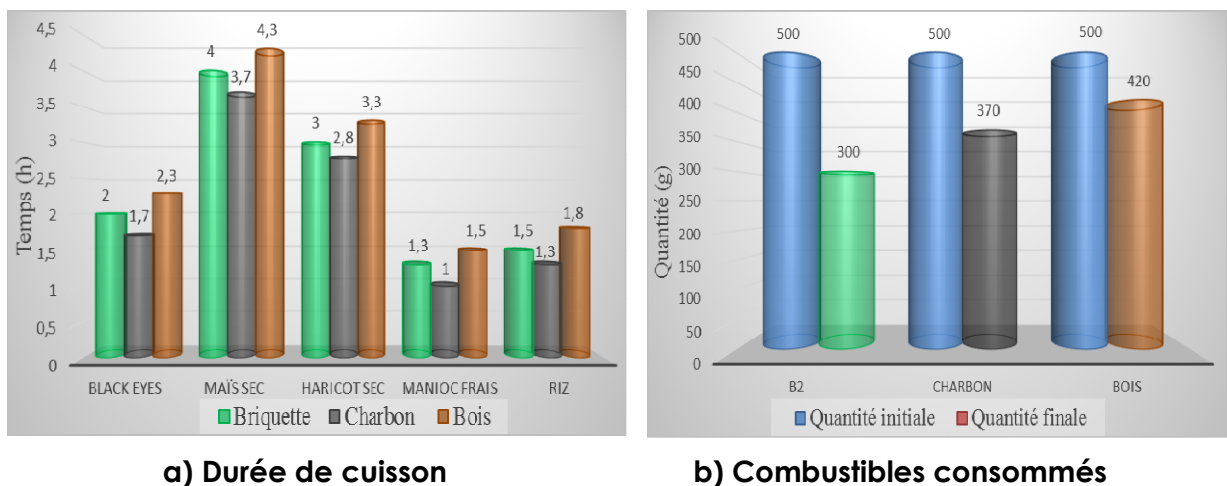


Figure 3 : Résultats du test de cuisine contrôlée

Pendant 1 h 30, le riz de 700 g a été cuit avec trois morceaux de briquettes (B2) de 20 cm de long. Elles n'ont pas été consommées en entier, mais seulement une partie de ces briquettes est réduite en cendres (300 g). La cuisson avec le charbon a été plus rapide par rapport aux briquettes mais les briquettes sont plus économiques en dépense. Notons que le Pouvoir Calorifique Inférieur des Briquettes testées a été 5, 560 kWh/kg dont le prix est 600 Ar/kg.

III. DISCUSSION

Pour le cas de l'huissier dans l'administration Congolaise de la ville de Kinshasa, près de 33,5 % de son salaire est investi pour combler ses besoins énergétiques [4]. Concernant, la consommation moyenne en combustibles des villageois à Tsangambato, le Commerçant utilise 45 % de son salaire pour la consommation de

charbon. Cependant, les briquettes confectionnées sont moins chères et représentent une solution adéquate de substitution, confirmée par les tests de combustion.

Les nombreuses défaillances des machines à briqueter dans presque tous les pays en développement ont empêché leur exploitation intensive [1]. La SOCTAM utilise les briquettes obtenues pour ses besoins. Malgré cela, la vis sans fin de la presse devrait être réparée tous les jours à cause des pas qui sont foirés.

La fine de charbon de bois a le temps d'inflammabilité 6 à 8 min [5]. B2 est acceptée par les ménages pour la meilleure qualité en combustion. Les études comparatives ont été vérifiées par des analyses statistiques. La fumée se dégage avec une légère difficulté de mise à feu. Donc, il est nécessaire d'augmenter le taux d'amorce dans les briquettes pour améliorer la vitesse de démarrage du feu.

CONCLUSION

Les industriels qui génèrent des déchets sur leurs sites de production s'intéressent à leur valorisation énergétique. Les besoins en combustibles quotidiens pour la cuisson ont des conséquences non négligeables sur les budgets familiaux et l'environnement. Alors que l'utilisation de briquelette peut diminuer jusqu'à 50 % la dépendance en combustibles grâce à sa valeur calorifique.

Les résultats du test fournissent une idée globale de la consommation énergétique, et le temps requis pour la cuisson des repas. En considérant toutes les paramètres nécessaires, c'est la Briquelette N°2 qui est la plus bonne.

L'innovation dans ce travail est de produire des briquettes à forte valeur calorifique, de façon pérenne, à prix plus raisonnable, moins polluantes et qui seront considérées comme combustible principal par les ménages. Ainsi, c'est envisageable de monter un projet de confection de briquettes à des fins domestiques dans les localités riches en matières premières comme Marovoay pour le développement durable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Grover P.D. et Mishra S.K. (1996). Biomass Briquetting: Technology and Practices. Regional Wood Energy Development Programme in Asia GCP/RAS/154/NET. Field Document No.46. FAO, Bangkok (April 1996), 48 p.
- [2] Koala L. (2012). Fabrication manuelle de briquettes de balles de riz et évaluation des performances du foyer amélioré à balles de riz, Mémoire du Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural, Université de Bobo-Dioulasso, 103 p.

- [3] Montagne P. et al. (2010). Arina Le charbon de bois à Madagascar, entre demande urbaine et gestion durable, Antananarivo, (éds.), CITE, 187 p.
- [4] Nicolas S.O. (2011). Impact de l'utilisation de l'énergie-bois dans la ville province de Kinshasa en République Démocratique du Congo (RDC), Mémoire de Maîtrise en géographie, Université du Québec à Montréal, 113 p.
- [5] Ramaroson J.D. et al. (2015). *Etude de la transformation du charbon de terre de la Sakoa en combustible domestique*, MADA-HARY, ISSN 2410-0315, VOL. 3, 105 p.
- [6] Ravoninjatovo A.O. (2004). « Contribution à l'étude et à la valorisation de la biomasse à Madagascar ». Thèse de docteur ingénieur ESPA – Antananarivo.
- [7] Sharma M.K., Priyank G., Sharma N. (2015). Biomass Briquette Production: A Propagation of Non-Convention Technology and Future of Pollution Free Thermal Energy Sources, *American Journal of Engineering Research (AJER)*, e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN: 2320-0936, Volume-04, Issue-02, pp-44.