VALORISATION DES DECHETS AGRO-INDUSTRIELS EN BRIQUETTES, ALTERNATIVES AUX BOIS DE CHAUFFE POUR ATTENUER LA DEFORESTATION

RANDIMBIARIVELO Ronald Harison[1],
RASOANANDRASANA Emilienne[1],
RAVONINJATOVO Achille Olivier[2] &
RASOLONJATOVO Martial Zozime[1]

1 Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation (EDGVM), Université de Mahajanga
2 Centre National de Recherches Industrielle et Technologique (CNRIT), Université d'Antananarivo
E-mail : ronald_arison@yahoo.fr
Tél : 032 55 730 11 / 034 11 730 11

Résumé

Le présent travail est le résultat d'études sur terrain au sein de la société Madacompost et de la SOCTAM, deux sociétés spécialisées respectivement dans le domaine de la valorisation énergétique des déchets ménagers de la ville de Mahajanga et agro industriels issus de la culture de tabac dans le District de Mampikony. Pour cette dernière, des tas de déchets de culture sont stockés, non valorisés au sein de cette société à chaque fin de campagne et aucune solution n'y a été envisagée pour les gérer antérieurement. Ce travail de recherches a pour objectif de contribuer à la valorisation énergétique de ces déchets dans l'optique de substituer ultérieurement une partie du bois énergie utilisée par la SOCTAM. Les travaux d'expérimentation comprennent l'identification des méthodes de confection des briquettes combustibles à base de ces déchets, l'analyse des caractéristiques physico-chimiques et la réalisation des différents tests de combustion de la briquette. Quatre échantillons de briquettes ont été obtenus. Le contenu énergétique de ces biocombustibles a été compris entre 4 500 à 5 000 kcal/kg. Le résultat de ces tests a montré la performance énergétique des briquettes issues de la presse à vis mécanisé car son utilisation en combustion a permis de réduire à 40,62 % la consommation en bois de chauffe. Sur le plan environnemental, la SOCTAM devrait faire la déforestation pour sécher les tabacs. Pourtant, l'utilisation des briquettes à la place du bois de chauffe a permis de préserver 3 ha de forêt locale par an. Sur le plan économique, la société a pu tirer un bénéfice net annuel quantifiable 1 300 000 Ar et non quantifiable grâce à l'adoption de cette technologie de briquetage au niveau de la société mais aussi à travers plusieurs ménages environnant la société. Beaucoup restent encore à faire entre autres : l'optimisation de l'inflammabilité des briquettes par variation de la teneur en intrant du mélange et éventuellement la détermination de son efficience énergétique, la mise au point des presses manuelles locales à forte capacité de production.

Mots clés : Bois de chauffe, briquette, déchets agro-industriels, valorisation.

Abstract

This work is the result of field studies within Madacompost company and SOCTAM, two companies specialized respectively in the field of energy valorization of household waste from Mahajanga city and agroindustrial waste from the tobacco culture in Mampikony District. For the latter, heaps of crop waste are stored, not valued within this company at the end of the campaign and no solution has been considered to manage them previously. The aim of this research work is to contribute to the energy valorization of this waste with the aim of subsequently replacing part of the energy wood used by SOCTAM. The experimental work includes the identification of the methods of making fuel briquettes based on this waste, the analysis of the physico-chemical characteristics and the performance of the various combustion tests of the briquette. Four samples of briquettes were obtained. The energy content of these biofuels was between 4,500 to 5,000 kcal/kg. The results of these tests showed the energy performance of briquettes from the mechanized screw press because its use in combustion made it possible to reduce energy wood consumption to 40.62 %. On an environmental level, SOCTAM should do deforestation to dry the tobacco. However, the use of briquettes instead of firewood has saved 3 ha of local forest per year. On the economic level, the company was able to derive a quantifiable annual net profit of 1,300,000 Ar and not quantifiable thanks to the adoption of this

ISSN : 2709-8192_ https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

briquetting technology at the level of the society but also through several households surrounding the society. Much remains to be done, among other things: optimizing the flammability of briquettes by varying the input content of the mixture and possibly determining its energy efficiency, developing local manual presses with high production capacity.

Keywords : Firewood, briquette, agro-industrial waste, valorization.

Introduction

Le bois énergie est utilisé à 97 % au Niger pour des besoins de cuisson. Environ 3.000.000 tonnes de bois sont consommées chaque année (Sani, 2015). Les résidus agro-industriels produits par les grosses industries sont souvent utilisés en combustion directe (CDI et CRA, 1993). La biomasse représente un potentiel énergétique très important (Bellamy et al., 1984). Dans ce cas, leur valorisation énergétique peut être envisagée afin d'atténuer les problèmes de déforestation.

La densification est un procédé par lequel des matières à l'état particulaire sont comprimées, grâce à une presse, pour former des briquettes (Wamukonya & Jenkins, 1995). Les briquettes sont des biocombustibles qui sont utilisés dans les pays développés où les combustibles domestiques ne sont pas disponibles (Sharma et al., 2015).

A Madagascar, les pressions sur les ressources forestières sont de plus en plus fortes pour satisfaire les besoins de chaque ménage en énergie (Ramaroson et al., 2015). Les sociétés SOCTAM (Société de Culture de Tabac de Madagascar) et Madacompost produisent des briquettes à base des déchets agro-industriels. Les produits restent encore à des fins industrielles alors que des tas de déchets de culture sont stockés, non valorisés et aucune solution n'y a été envisagée pour les gérer antérieurement. Comme la biomasse constitue une des alternatives pour réduire l'utilisation de bois et du charbon, notre objectif principal était de contribuer à l'évaluation de l'efficience énergétique de briquettes combustibles.

Materiéls et méthodes

Matériels

Caractéristiques des matières premières

Les matières premières pour la confection des briquettes ont été les matières lignocellulosiques (résidus agricoles, agro-industriels ou ligneux). Pour la société Madacompost, les déchets de carton et de papier (triés à partir des déchets ménagers) et les déchets connexes d'une entreprise d'ébénisterie à la Commune urbaine de Mahajanga ont été utilisés. Pour la société SOCTAM, les résidus forestiers (feuilles, branches, herbes), la balle de riz, la poudre de tabac et la sciure de bois au village Tsangambato à Mampikony et ses environs ont été utilisés.

Matériels de briquetage et pour les analyses au laboratoire

Les matériels de briquetage utilisés ont été la presse manuelle et la presse à vis mécanisé. Les matériels nécessaires pour la détermination des paramètres physico-chimiques des briquettes ont été le four à moufle, l'étuve, le dessiccateur et la balance de précision. Pour le test de combustion, Fatapera, balance et thermocouple ont été utilisés.

Méthodes

Etapes de la fabrication de briquettes

Pour le cas de la presse manuelle, le triage, la dilacération manuelle, le trempage et le broyage ont été effectués pour les déchets de carton et de papier. Puis, le produit obtenu a été mélangé avec la sciure et l'eau (20 litres pour 30 kg du mélange). Ensuite, les pâtes ont été comprimées. Enfin, les

ISSN : 2709-8192_ https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

briquettes ont été démoulées. Le séchage naturel a été fait dans des aires bien aérées et protégées de la pluie.

Pour le cas de la presse à vis mécanisé, le broyage a été fait pour les résidus forestiers. Ensuite, les matières premières ont été mélangées avec l'huile de vidange (4 litres pour 100 kg du mélange). Le moulage a été fait à 300 °C des résistances de la machine de briquetage.

Tests sur les briquettes

Le test d'ébullition d'eau constitue une évaluation rapide de la qualité des combustibles par les ménages. Il consiste à chauffer jusqu'à ébullition un litre d'eau avec 3 morceaux de briquettes (180 g). Le temps requis pour cette opération a été mesuré et comparé avec les résultats obtenus avec les combustibles usuels comme le bois de chauffe [6]. Parmi les différentes variables pour ce test, l'efficacité thermique de briquettes a été déterminée. Le rendement thermique est la quantité d'énergie absorbée par marmite par rapport à la quantité d'énergie produite par briquettes (Manoj, et al., 2015)]. La formule utilisée est la suivante :

$$PCU = \frac{4{,}186\ x\ (Pci - P)\ x\ (Tcf - Tci) + P\ x\ Cpv\ x\ (Tcf - Tci) + 2260\ x\ Wcv}{fcm\ x\ PC}$$

Où : **4,186 J/g°C** : Chaleur spécifique de l'eau

P_{ci} - P : Produit de la masse d'eau contenue dans la marmite

T_{cf} - T_{ci} : Variation de la température d'eau

C_{pv} = 0,544 J/g°C : Chaleur spécifique de la marmite et **2260 J/g** : Chaleur latente d'évaporation

W_{cv} = $P_{ci} - P_{cf}$: Quantité d'eau évaporée

f_{cm} : Equivalent de briquettes consommés et **PC** : Pouvoir calorifique des briquettes

Trois tests ont été réalisés pour le test de combustion. Le potentiel des échantillons de briquettes a été comparé avec les bois de chauffe pour le séchage des feuilles du tabac pendant 6 jours (test 1 : uniquement du bois de chauffe, test 2 : bois de chauffe et Briquette N°1, puis test 3 : bois de chauffe et Briquette SOCTAM). Pour les tests 2 et 3, le biovolume de bois de chauffe utilisé a été 2 m^3 pour chacun. Il consiste de déterminer les biovolumes des combustibles consommés (m^3) dans le foyer du four.

Résultats

Caractéristiques physiques des briquettes

Quatre types de produits ont été obtenus :

La Briquette N°1 est une briquette à base de sciure de bois à 60 % et des résidus de carton et de papier à 40 % + eau. Elle (de forme cubique) a été fabriquée à l'aide de la presse manuelle et les autres produits (de forme cylindrique) avec la presse à vis mécanisé ;

La Briquette N°2 est une briquette à base de sciure de bois à 100 % + huile de vidange ;

La Briquette N°3 est une briquette à base de résidu forestier broyée à 50 %, de la balle de riz à 30 % et de la poudre de tabac à 20 % + huile de vidange ;

La Briquette N°4 est une briquette à base de balle de riz à 60 % et de la poudre de tabac à 40 % + huile de vidange.

Notons que les briquettes Madacompost ont été la Briquette N°1 et la Briquette N°2. Les briquettes SOCTAM ont été la Briquette N°3 et la Briquette N°4. Le **tableau 1** suivant montre les caractéristiques physiques des briquettes selon leur forme.

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des briquettes

Paramètres	Formes	
	Cubique	Cylindrique
Dimension (mm)	113 à 120	50
Hauteur (cm)	10 à 12	10 à 30
Diamètre (cm)	-	5

ISSN : 2709-8192_ https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

Masse (g)	800	1 100 à 1 500
Volume (cm^3)	1 559	982
Masse volumique brut (kg/m^3)	351	1 018

Caractéristiques physico-chimiques des briquettes

Le tableau 2 montre les résultats sur les caractères physico-chimiques de quatre échantillons de briquettes sur le taux d'humidité, la teneur en cendres, l'indice de matières volatiles, l'indice en carbone fixe et le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI).

Tableau 2 : Résultats d'analyses des échantillons de briquettes

Paramètres (%)	Briquette N°1	Briquette N°2	Briquette N°3	Briquette N°4
Humidité	9,3	6,6	7,6	5,4
Cendres	8,8	1,8	33,4	24,8
Matières volatiles	35,3	19,8	31,0	34,2
Carbone fixe	46,6	71,8	28,0	35,6
PCI (kWh/kg)	4, 756	4, 972	4, 892	5, 068

Les analyses des briquettes portant sur les paramètres étudiées ont révélé que la Briquette N°1 a eu le taux d'humidité élevé par rapport aux autres échantillons. Ce qui peut diminuer son PCI. Plus l'humidité est faible, plus la valeur calorifique est grande.

Rendement thermique du test d'ébullition

La figure 1 suivante illustre les PCU (%) des quatre échantillons de briquettes.

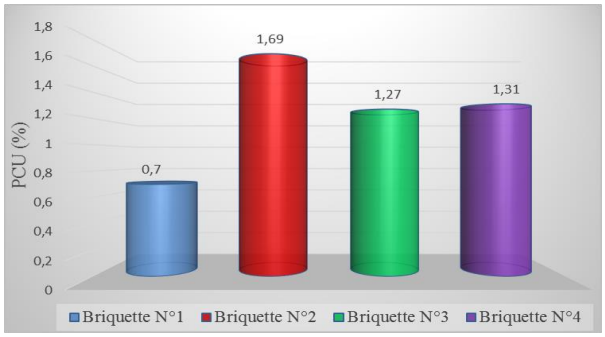

Figure 1 : Rendement thermique des quatre types de briquettes

La quantité de Briquette N°1 consommée en 30 min pour faire bouillir un litre d'eau a été de 332 g. Le rendement thermique moyen a été de 0,7 %. Tandis que pour la Briquette N°2, la quantité consommée a été de 190 g et le PCU moyen a été de 1,7 %. Elle a eu le rendement thermique le plus élevé par rapport aux autres échantillons.

Résultats du test de combustion

Température de combustion des briquettes

La figure 2 suivante illustre les températures des quatre échantillons de briquettes pendant la combustion totale en fonction de temps.

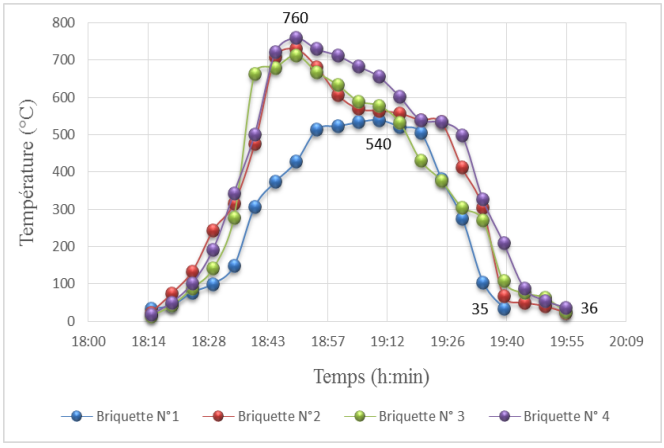

Figure 2 : Température de combustion des briquettes testées

La durée de chauffe supérieure à 500 °C des briquettes testées varie de 35 à 52 min. A partir de la température de chaque échantillon de briquettes pendant la combustion, celle de la Briquette N°1 a été toujours inférieure par rapport à celles des autres échantillons (température maximale 540°C). Tandis que la Briquette N°4 a été la plus puissante avec la température maximum 760°C malgré la difficulté sur son allumage. Le bon compactage des briquettes intervient donc sur la qualité de ces combustibles.

ISSN : 2709-8192_ https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

Résultats du test pour le séchage du tabac

La figure 3 suivante illustre le biovolume des combustibles consommés pour le séchage des feuilles du tabac ou « flue curing » pendant 6 jours dans le site Labandikely de la SOCTAM à Tsangambato, Mampikony. Les combustibles considérés selon les 3 tests ont été les bois de chauffe, la Briquette N°1 et les briquettes SOCTAM.

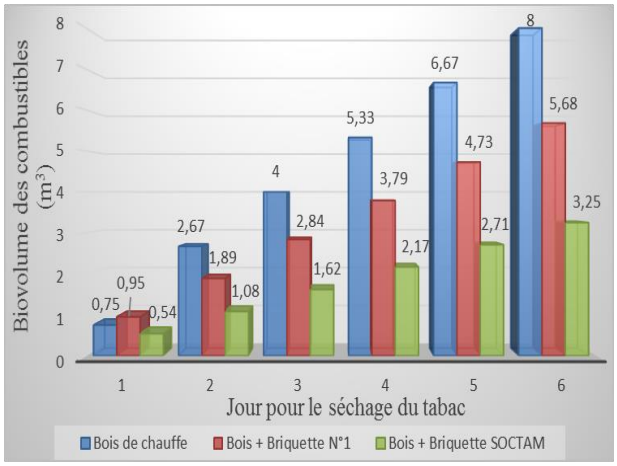

Figure 3 : Combustibles consommés pour séchage de tabac

Les résultats du test de combustion pour le séchage des feuilles du tabac ont relevé que la consommation des combustibles a été réduite de moitié suite aux variations d'emploi des briquettes. En effet, 8 m^3 de bois de chauffe ont été consommés pour le test 1. En présence de la Briquette N°1, la consommation a été devenu 5,682 m^3 pour le test 2 et elle a été diminué encore jusqu'à 3,25 m^3 avec l'emploi de la Briquette N°3 et de la Briquette N°4 pour le test 3. Donc, la réduction peut aller jusqu'à 34,37 % en absence de bois de chauffe. Ainsi, la composante briquette a été utilisée pour évaluer le développement potentiel de la production des briquettes afin de fournir de l'énergie destinée au séchage du tabac.

Discussion

Le séchage naturel accroît dans des proportions notables la valeur calorifique des briquettes et permet d'économiser du combustible. L'ajout d'huile de vidange, utilisée comme additif, aux déchets permet d'accroître aussi la valeur calorifique des briquettes. Le démarrage du feu pour la Briquette N°1 a été beaucoup plus vite par rapport aux autres. Tandis que, la Briquette N°4 a eu le PCI (5,068 kWh/kg), le plus élevé par rapport aux autres.

Les briquettes sont plus économique que les autres combustibles parce qu'elles contiennent moins d'humidité, moins de cendres et de densité élevé (Manoj et al., 2015). Cependant, pour les Briquettes N°3 et N°4, la teneur en cendres a été plus élevée de 25 à 34 %. Ceci a été dû à cause des matières premières qui les ont constituées.

La quantité de 6,11 kg de bois de feu avec 1,3 MJ/kg de valeur calorifique sont nécessaires pour fournir l'énergie utile égale à 1 kg de briquettes avec 7,7 MJ/kg (Young & Khennas, 2003). Face au besoin de la société SOCTAM pour le séchage du tabac en combustible, elle a besoin de couper des arbres dans son espace forestière dominé par la forêt d'*Eucalyptus*. Cependant, à partir de 2015, elle a commencé à utiliser les briquettes et cela a entrainé la diminution de leur besoin en bois de chauffe de 30 à 40 %. La société a pu sauvegarder 3 ha par an cette forêt grâce à l'utilisation des briquettes.

D'après les tests de combustion sur les briquettes, la Briquette N°2 a été la plus puissante et suit la Briquette N°4. Cependant, la rapidité de cuisson a été moins par rapport au charbon d'où la nécessité de plus d'amélioration. Pourtant, la cuisson effectuée avec les briquettes offre moins de temps qu'avec le bois de chauffe, notamment,

ISSN : 2709-8192_ https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

pour les repas nécessitant une longue cuisson, comme le haricot.

Conclusion

La valorisation des déchets agro-industriels en briquettes combustibles a des effets positifs du point de vue éco-socio-environnemental. En effet, il y a réduction de coûts d'approvisionnement en énergie et production de sources de revenus. A partir des différents tests pour connaître l'efficience énergétique des produits, la Briquette N°4 a été la plus bonne et a suivi de très près la Briquette N°2. Les tests d'analyses ont été sine qua non pour identifier les points sur lesquels il faut travailler pour renforcer l'acceptabilité, la viabilité et la compétitivité des briquettes.

La briquette peut répondre à l'insuffisance énergétique, en substituant le bois énergie. Cette filière biocombustible peut donc contribuer à la protection de la forêt contre le déboisement sauvage. Le projet de confection de briquette biomasse est un atout majeur de la politique de diversification énergétique et incite à promouvoir le développement durable par la création des emplois locaux.

Références bibliographiques

Bellamy, J.J., C. Ducos, M. Joly et P.B. Joly (1984). Guide technique de la densification. Association BOIS DE FEU, 107 p.

CDI et CRA, - Centre pour le Développement Industriel (CDI) - Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux (CRA-Belgique), (1993). Briquettes à base de déchets végétaux. Les guides du CDI - *Série Technologies,* **1**, 61 p.

Manoj, K., P. Gohil, S. Nikita (2015). American Journal of Engineering Research (AJER), e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN: 2320-0936. **Vol. 4** *(2)* : 44-50.

Ramaroson, J.D., J.O Andrianaivoravelona, R. Rakotosaona, J.L. Rasoanaivo, P. Andrianary, L. Andrianaivo, H.M. Ratsimbazafy (2015). Etude de la transformation du charbon de terre de la Sakoa en combustible domestique, *MADA-HARY*, ISSN 2410-0315, **Vol.3**, 105 p.

Sani, A. (2015). JVE, Niger (LCB SNV), Les énergies alternatives : Cas de la balle de riz comme combustible de substitution au bois énergie au Niger. *Atelier Réseau Climat et Développement*, p 8.

Sharma, M.K., P. Gohil, N. Sharma (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, **Vol. 4** *(2)*: 44.

Wamukonya, L. and B. Jenkins (1995). Durability and relaxation of sawdust and wheat-straw briquettes as possible fuels for Kenya. *Biomass and Bioenergy*, **8**: 175-179.

Young, P. & S. Khennas, (2003). Feasibility and Impact Assessment of a Proposed Project to Briquette Municipal Solid Waste for Use as a Cooking Fuel in Rwanda. Consultancy Report to the Business Linkages Challenge Fund (BLCF), (January).

ISSN : 2709-8192_ https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192