

Optimisation Et Automatisation D'une Presse A Briquettes Combustibles De L'Association Tsinjolavitra Ambohitsarabe-Antsirabe

RAZAFINDRAKOTO Tsilaozantsoa N. F.¹, RAKOTOSAONA Rijalalaina², RARIVOSON Nantenaina V.³, RAZAKAMAMPIANINA Valisoa F.⁴, ANDRIAMANANTENA Ndriananja S.⁵, RAININORO Tsilavozakaniaina A.⁶

^{1, 4, 5, 6} Chercheurs, Université d'Antananarivo, Ecole Doctorale des Sciences et Techniques de l'Ingénierie et de l'Innovation

^{2, 3} Chercheurs Enseignants, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
nomenafahasambarana@gmail.com



Abstract—The objective of this research work is to improve the quality of the old fuel briquettes of the Tsinjonlavitra Antsirabe association and to increase the daily production through the automation of the production. The concretization of this work allowed to pass through the chronological order of the following stages: manufacture of new formula briquette, determination of the physico-chemical characters, test of energy efficiencies of the briquettes and simulation. Compared to the old formulation, a new formulation was found with a respective proportion of 4/6 of coal powder, 1/6 of clay and 1/6 of cattle dung with a lower calorific value of 4 014.65 kcal/kg better than the old briquette (2 781.71 kcal/kg). The application of automation will allow to increase the briquette production of the association from 150kg per day for the traditional method to 2 000kg per day.

Keywords— old_fuel_briquettes, automation, production, new briquettes, calorific value.

I. INTRODUCTION

L'une des principales préoccupations mondiale actuelle est la préservation de l'environnement. Toute espèce végétale et animale se doit d'être protégée. A cause de l'instabilité du prix du baril de pétrole sur le marché international et au tarissement imminent de la réserve, les sources d'énergie fossiles deviennent chères et rares. Cette situation pose un sérieux problème environnemental dont : le déboisement, l'érosion, la perte de la fertilité du sol et des espèces endémiques ainsi que la sécheresse. Le défaut d'énergie au niveau mondial croit parallèlement avec l'augmentation de la population mondiale et impactant par la suite non seulement à une diminution des ressources fossiles mais aussi à une hausse voire à une instabilité toujours plus importante des prix du pétrole à la pompe et éventuellement aux produits dérivés. [1] [2] [3]

Pour le cas de Madagascar, l'exploitation des forêts ne cesse de se multiplier. L'une des principales causes de ce phénomène est la production de charbon de bois à faible rendement de carbonisation. Une grande partie des forêts de Madagascar est exploitée à diverses fins. Plus de 90 % de la population utilisent le bois énergie car ils n'ont pas la possibilité d'acheter d'autres sources d'énergie meilleures que le bois énergie selon une étude menée par l'INSTAT de Madagascar en 2013. Le pays dispose aussi une potentialité significative en source d'énergie renouvelable qui est restée jusqu'à présent sous exploitée car son offre énergétique

est dominée par le bois énergie et produits pétroliers. Par ailleurs, le retard du développement à Madagascar a contraint le gouvernement à se tourner vers la politique de diversification des sources d'énergie. [4] [5] [6] [7]

Même si des nouvelles technologies de production énergétique apparaissent, le bois énergie reste le principal combustible préféré par les foyers malgaches. Effectivement, des recherches ont déjà été menées dans le but de produire de combustibles capables de concurrencer le charbon de bois sans pour autant être un danger pour l'environnement. Plusieurs entités se ruent à la recherche de nouvelles sources d'énergie aptes à substituer le bois énergie dont les organismes non gouvernementaux (ONG) internationaux et nationaux, des chercheurs nationaux et étrangers et diverses associations étrangère et nationale. [8] [9]

Parmi ces associations, on peut citer l'association TSINJOLAVITRA, une association à but non lucratif, sise à Ambohitsarabe Antsirabe, Région Vakinankaratra qui a été connue comme étant l'un des pionniers dans le domaine de la production de brique combustible dans la région. Depuis l'année 2003, elle produit chaque jour 150 kg de brique combustible à base d'argile, de poudre de charbon de bois et de bouse de bovin. La société Cotonnière d'Antsirabe (COTONA) et la population environnante du lieu de production sont les grands consommateurs de ces briquettes. La production se fait de façon archaïque, manuellement et où quinze (15) employés y travaillent chaque jour. Depuis peu de temps, à cause de la hausse du prix du charbon de bois sur le marché de la commune urbaine d'Antsirabe, beaucoup de ménages optent pour la brique Tsinjolavitra mais l'offre n'arrive pas à satisfaire à ces demandes. De plus, selon les utilisateurs potentiels de ces sources d'énergie, les briquettes émettent de l'odeur, de la fumée et produisent beaucoup de cendre lors de sa combustion et c'est la raison pour laquelle ces utilisateurs plaignent auprès du responsable de l'association d'améliorer la qualité de ces produits. C'est dans ce cadre qu'a été né ce travail de recherches intitulé : « *Optimisation et automatisation d'une presse à briquettes combustibles de l'association Tsinjolavitra sise à Ambohitsarabe Antsirabe* ».

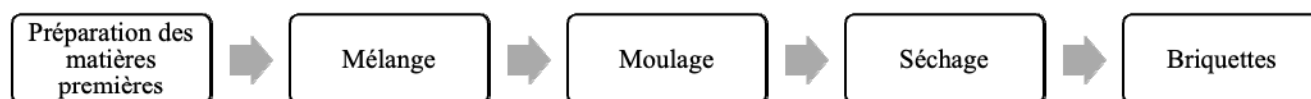
L'objectif de ce travail est non seulement d'améliorer la qualité des briquettes combustibles fabriquées auprès de l'association dans l'optique d'éliminer l'odeur, la fumée émise et les cendres générées lors de la combustion mais aussi d'accroître la production journalière pour satisfaire l'accroissement de la demande à travers l'optimisation et l'automatisation d'une presse à brique [10]. Diverses questions se posent entre autres :

- Comment améliorer la qualité de la brique combustible fabriquée jusqu'à ce jour par l'association Tsinjolavitra pour faciliter sa vulgarisation à travers la région ?
- Est-ce qu'il est possible de trouver une formule appropriée pour disposer d'une brique combustible écologique, c'est à dire combustible sans odeur, sans fumée et à faible teneur en cendres ?
- Opter pour l'automatisation d'une presse à brique combustible est-elle la solution idéale pour développer ce combustible alternatif et satisfaire la forte demande en brique combustible de la population locale ?
- Automatiser les moyens de production signifie indirectement réduire l'effectif des employés qui ont déjà maîtrisé la technologie de production de brique. Comment gérer cette situation d'ordre socio-économique ?

II. MÉTHODOLOGIE

A. Procédé de fabrication des briquettes

La fabrication de briquettes s'effectue à travers les quatre étapes suivantes :



B. Recherche d'une nouvelle formation

Afin d'obtenir une nouvelle formule de briquette, nous avons varié la proportion de chaque paramètre à étudier dont : **la quantité de charbon, la quantité de bouse de bovin, la quantité d'argile**. Il est à signaler que la formule appliquée par l'association pour l'ancienne formule correspond à la proportion suivante : 400 cm³ de charbon de bois, 200 cm³ de bouse de bovin et 100 cm³ d'argile. Cette ancienne formule n'est pas appréciée par beaucoup d'utilisateurs potentiels à cause de l'odeur, de la fumée émise et aussi de rejet d'importante quantité de cendre. L'amélioration de la qualité de cette briquette veut dire changer la proportion du composant de la briquette. Variation de chaque paramètre pour la nouvelle formule et on a : **4/6 de poudre de charbon de bois, 1/6 de bovin et 1/6 d'argile**.

C. Détermination des caractères physico-chimiques des briquettes

L'analyse des caractères physico-chimiques d'un combustible permettra de disposer la spécificité technique voire énergétique de celui-ci par rapport aux combustibles usuels. Parmi ces spécificités, il y a :

1) Taux d'humidité

L'humidité H est obtenue à partir de la perte en poids d'une prise d'essai de l'échantillon après chauffage dans l'étuve à 100°C pendant une heure. Selon la norme européenne EN14774, le taux d'humidité est obtenu par la formule suivante :

$$H = \frac{M_{\text{humide}} - M_{\text{sèche}}}{M_{\text{humide}}} \times 100 \quad [11]$$

Avec M_{humide} : Masse initiale de l'échantillon [g]

$M_{\text{sèche}}$: Masse de l'échantillon après étuvage à 105°C [g]

2) Teneur en matières volatiles

C'est à partir de la perte de poids de l'échantillon lorsqu'il est directement chauffé à haute température 550°C pendant 15 mn que l'on détermine les matières volatiles. Sa détermination suit la norme française NF1985, et a été obtenue par la formule suivante :

$$MV = \frac{M_{105} - M_{550}}{M_{\text{sèche}}} \times 100 \quad [12]$$

Avec $M_{105} = M_{\text{sèche}}$: Masse obtenue après étuvage à 105°C [g]

M_{550} : Masse obtenue après chauffage à 550°C [g]

MV : Teneur en matières volatiles [%]

3) Teneur en cendres

Les cendres sont constituées de diverses matières minérales telles que le SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ et le CaO. La teneur en cendres est obtenue à partir de la perte en poids subie par l'échantillon lorsqu'il est chauffé progressivement de la température ambiante à 850°C suivant un programme de température bien déterminée. Selon la norme européenne EN14775, et est obtenue par la formule suivante :

$$C = \frac{M_{850}}{M_{\text{sèche}}} \times 100 \quad [11]$$

Avec M_{850} : Masse obtenue après chauffage à 850°C [g]

$M_{\text{sèche}} = M_{105}$: Masse obtenue après étuvage à 105°C [g]

C : Teneur en cendres [%]

4) Teneur en carbone fixe

Le carbone fixe a un grand potentiel énergétique. C'est la quantité du carbone restante après élimination des matières volatiles, des cendres et de l'humidité. Il est différent du carbone total qui est la somme du carbone fixe et le carbone contenu dans la partie volatilisé. Le taux de carbone fixe est déterminé suivant la norme ASTM, et il est calculé avec la formule suivante :

$$\text{CF} = 100 - (\text{H} + \text{MV} + \text{C}) \quad [12]$$

Avec H : Taux d'humidité [%]

MV : Teneur en matières volatiles [%]

C : Teneur en cendres [%]

CF : Teneur en carbone fixe [%]

5) Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI)

C'est la quantité de chaleur dégagée par kilogramme d'un combustible solide lorsque les produits de la combustion sont refroidis à la température initiale et que la vapeur d'eau n'est pas condensée. Il existe deux méthodes de détermination du PCI :

- La méthode expérimentale par bombe calorimétrique ;
- La méthode par composition chimique.

Dans le cas ici présent, la seconde méthode ou la méthode à partir de l'utilisation des formules empiriques a été prise en compte, c'est-à-dire l'utilisation de la formule de CASSAN :

$$\text{PCI} = 80 \times (100 - \text{C}) \quad [12]$$

Avec C : Teneur en cendres [%]

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur [Kcal/kg]

D. Tests d'efficacité et d'efficacité énergétique des briquettes

Afin d'apprécier l'efficacité/efficacité énergétique des briquettes, plusieurs tests ont été réalisés pour pouvoir évaluer leur performance, ces tests sont :

1) Drop test

Ce test constitue une simulation des sollicitations subies par le combustible lors du transport et la manutention. Il met en relief une nette corrélation entre la teneur en liant et l'aptitude du combustible à résister à l'effritement.

Le drop test consiste à laisser tomber, à partir de plusieurs hauteurs, tous les combustibles et à déterminer le comportement de chacun d'eux suivant chaque hauteur selon l'ordre chronologique suivant : 0,50 m ; 1 m ; 1,50 m et 1,90 m.

2) Test d'Ébullition d'Eau (TEE)

Le foyer amélioré utilisé dans ce cadre est le Foyer « Mitsity » du CNRIT. Pour évaluer la performance et l'efficacité énergétique des briquettes seules ou par rapport aux autres combustibles couramment utilisés comme le charbon de bois et le bois de chauffe il faut réaliser les tests d'ébullition d'eau à haute et à basse puissance (condition réelle d'utilisation des combustibles et des foyers par ménage) et apprécier à partir de ces tests le temps d'inflammabilité (temps de mise à feu) de chaque combustible, leur comportement vis-à-vis du feu et du foyer utilisé (foyer amélioré) ainsi que la possibilité d'utilisation des imbrulés (combustible restant lors d'un TEE) pour une nouvelle cuisson. Le test comprend trois phases : la phase de préparation ou avant cuisson, la phase de cuisson et la phase d'après cuisson.

E. Choix de la technologie appropriée suivant le contexte de la presse de l'association à Antsirabe

La presse utilisée par l'association est inefficace parce qu'elle a de faibles pressions de compactage et faible rendement. De plus, l'association ne dispose que seulement 90 moules pour accompagner la presse. Cette situation affecte sur la qualité de briquette produite d'une part et d'autre part sur la capacité de production journalière de briquette.

Par contre, l'automatisme est l'ensemble des sciences et des techniques s'appliquant à la conception et à l'utilisation de machines qui fonctionnent sans intervention humaine. C'est la raison pour laquelle ce travail a été focalisé sur l'étude

III. RÉSULTATS

A. Recherche de la nouvelle formulation

Les trois tableaux suivants résument les résultats afférents à la recherche de la nouvelle formulation.

Plusieurs notations ont été dressées pour mettre en exergue la modification apportée relative à l'apport ou non d'argile, de bouse de bovin ou de poudre de charbon dans l'optique de faire sortir une nouvelle formulation. Les notations utilisées sont :

- Un simple signe « + » signifie que : l'émission est moindre ;
- Un double signe « ++ » signifie que l'émission de fumée est plus intense par rapport au simple signe ;
- Un triple signe « +++ » montre que l'émission de fumée est très intense par rapport au simple et double signe.

TABLEAU 2. RESULTAT DU COMPORTEMENT DE LA BRIQUETTE LORS DE LA COMBUSTION APRES VARIATION DE COMPOSITION DU CHARBON A

Propriétés	Essai 1	Essai2	Essai 3	Essai 4	Charbon de bois
Fumée	+++	++	+	+	+
Odeur	+++	++	+	+	+
Rapidité d'allumage	Ne s'allume pas	Lente	Lente	Moyen	Moyen
Durée du feu	Aucun feu	Courte durée	Courte durée	Durée moyenne	Durée moyenne
Rapidité de calcination	Non calciné	+	+	+	+
Quantité de cendre	-	++	++	+++	+
Autres caractéristiques	-Assez dure -la fumée dure tout au long de la combustion	La fumée diminue au cours du temps	La fumée n'a lieu qu'à l'allumage	La fumée n'a lieu qu'à l'allumage	-

TABLEAU 2. RESULTAT DU COMPORTEMENT DE LA BRIQUETTE LORS DE LA COMBUSTION APRES VARIATION DE COMPOSITION DE LA BOUSE B

Propriétés	Essai 5	Essai 6	Essai 7	Essai 8	Charbon de bois
Fumée	+	++	++	++	+
Odeur	+	+	++	+++	+
Rapidité d'allumage	Moyen	Moyen	Lente	Moyen	Moyen

Durée du feu	Durée moyenne	Longue Durée	Durée moyenne	Durée moyenne	Durée moyenne
Rapidité de calcination	Moyen	Lente	Lente	Lente	Lente
Quantité de cendre	+	++	+++	+++	+
Autres caractéristiques	La briquette se casse facilement sous l'action de la chaleur	La fumée s'arrête une fois que les briquettes soient allumées	-La fumée s'arrête une fois que les briquettes soient allumées	La fumée s'arrête une fois que les briquettes soient allumées	-

TABLEAU 3. RESULTAT DU COMPORTEMENT DE LA BRIQUETTE LORS DE LA COMBUSTION APRES VARIATION DE COMPOSITION DE L'ARGILE C

Propriétés	Essai 9	Essai 10	Essai 11	Essai 12	Charbon de bois
Fumée	+	++	++	+++	+
Odeur	-	++	+	++	+
Rapidité d'allumage	Lente	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
Durée du feu	Durée moyenne	Courte durée	Longue durée	Longue durée	Moyen
Rapidité de calcination	Lente	Moyen	Lente	Lente	Lente
Quantité de cendre	++	++	++	+++	+
Autres caractéristiques	La fumée n'a lieu qu'à l'allumage	La fumée na lieu qu'à l'allumage	La fumée n'a lieu qu'à l'allumage	La fumée n'a lieu qu'à l'allumage	-

B. Caractères physico-chimiques des briquettes

Les Tableaux 4 et 5 montrent les caractères physico-chimiques des briquettes avant et après leurs optimisations.

TABLEAU 4. CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES ANCIENNES BRIQUETTES

Désignation			Essai n°1	Essai n°2	Essai n°3	Valeur moyenne
M_{humide}	Masse humide	(g)	9,66	10,58	10,44	10,23
M_{105}	Masse sèche à 105°C	(g)	8,76	9,58	9,45	9,26
H	Taux d'humidité	(%)	9,34	9,49	9,47	9,43
M_{550}	Masse à 550°C	(g)	7,64	8,37	8,41	8,14
MV	Teneur en matières volatiles	(%)	12,79	12,58	11,04	12,14
M_{850}	Masse à 850°C	(g)	5,62	6,24	6,27	6,04

C	Teneur en cendres	(%)	64,20	65,19	66,29	65,23
CF	Teneur en carbone fixe	(%)	13,68	12,74	13,19	13,20
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur	(Kcal/kg)	2863,90	2784,52	2696,72	2781,71
		(J/kg)				11642856,38

TABLEAU 5. CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES BRIQUETTES OPTIMISEES

Désignation			Essai n°4	Essai n°5	Essai n°6	Valeur moyenne
M_{humide}	Masse humide	(g)	10,50	11,12	12,15	11,25
M_{105}	Masse sèche à 105°C	(g)	9,55	10,11	11,07	10,24
H	Taux d'humidité	(%)	9,06	9,08	8,87	9,00
M_{550}	Masse à 550°C	(g)	8,19	8,74	10,27	9,06
MV	Teneur en matières volatiles	(%)	14,25	13,54	7,24	11,68
M_{850}	Masse à 850°C	(g)	6,02	6,38	2,58	4,99
C	Teneur en cendres	(%)	63,07	63,10	23,28	49,82
CF	Teneur en carbone fixe	(%)	13,62	14,29	60,60	29,50
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur	(Kcal/kg)	2 954,42	2 952,13	6 137,39	4 014,65
		(J/kg)				16 803 299,39

C. Efficience et efficacité énergétique des briquettes

1) Drop test

Les résultats de drop test sont résumés par le présent tableau 6 :

TABLEAU 6. RESULTATS DES ESSAIS DE DROP TEST EFFECTUES SUR DES DEUX ECHANTILLONS DE BRIQUETTES

Hauteur de chute (m)	h = 0	h = 0,50	h = 1	h = 1,50	h = 1,90
Masse briquette n°1 en g (briquette Ancienne)	45	45	45	45	39
Masse briquette n°2 en g (Briquette optimisée)	42	42	42	40	37

Après des essais effectués respectivement sur les hauteurs de chute de : 0,50 m ; 1 m ; 1,50 m et 1,90 m, les Anciennes briquettes sont quasi-intactes contrairement aux briquettes optimisées. Cette situation justifie la forte teneur en cendre, c'est-à-dire une quantité élevée en argile. Plus la quantité en argile est importante plus la cohésion de la briquette est forte et plus la teneur en cendre est significative.

2) Test d'Ébullition d'Eau : Evolution de la température de l'eau par rapport au temps de cuisson

Les tableaux 7 présentent le résultat du test d'ébullition effectué sur les briquettes non-optimisées.

TABLEAU 7. DETERMINATION DE LA CONSOMMATION MOYENNE EN COMBUSTIBLE (EN KG/H) DANS LE CAS DES ANCIENNES BRIQUETTES

Désignation			Test n°1	Test n°2	Test n°3	Test n°4	Test n°5	Valeur moyenne
T _{ambiante}	Température ambiante	(°C)	18,0	20,0	21,0	19,0	18,0	19,2
T _{initiale eau}	Température initiale de l'eau	(°C)	17,0	18,0	20,0	17,0	17,0	17,8
M _{initiale eau}	Masse initiale de l'eau	(kg)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
M _{initiale (eau+M)}	Masse initiale de l'eau + Marmite	(kg)	3,115	3,110	3,114	3,064	3,123	3,105
M _{APEB (eau+M)}	Masse après ébullition de l'eau + Marmite	(kg)	2,958	2,948	3,000	2,960	2,948	2,963
M_{eau volatilisée}	Masse d'eau volatilisée	(kg)	0,157	0,162	0,114	0,104	0,175	0,142
P _{initiale brique}	Masse initiale charbon de bois	(kg)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
P _{brique imbrulé}	Masse de brique imbrulé	(kg)	0,305	0,345	0,290	0,348	0,345	0,327
P_{brique consommé}	Masse de brique consommé	(kg)	0,195	0,155	0,210	0,152	0,155	0,173
t _{ébullition}	Temps d'ébullition	(mn)	40	44	55	35	30	40,8
t _{final}	Temps final	(mn)	55	59	70	50	45	55,8
		(s)	3 300	3 540	4 200	3 000	2 700	3 348
		(h)	0,917	0,983	1,167	0,833	0,750	0,930
	Consommation moyenne	(kg/h)						0,186

TABLEAU 8. DETERMINATION DE LA CONSOMMATION MOYENNE EN COMBUSTIBLE (EN KG/H) DANS LE CAS DES BRIQUETTES OPTIMISEES

Désignation			Test n°1	Test n°2	Test n°3	Test n°4	Test n°5	Valeur moyenne
T _{ambiante}	Température ambiante	(°C)	18,0	17,0	15,0	16,0	18,0	16,8
T _{initiale eau}	Température initiale de l'eau	(°C)	17,0	15,0	13,0	15,0	17,0	15,4
M _{initiale eau}	Masse initiale de l'eau	(kg)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
M _{initiale (eau+M)}	Masse initiale de l'eau + Marmite	(kg)	3,106	3,106	3,123	3,085	3,096	3,103
M _{APEB (eau+M)}	Masse après ébullition de l'eau + Marmite	(kg)	2,670	2,097	2,024	2,019	3,000	2,362
M_{eau volatilisée}	Masse d'eau volatilisée	(kg)	0,436	1,009	1,009	1,066	0,096	0,741
P _{initiale briquette}	Masse initiale charbon de bois	(kg)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
P _{briquette imbrulé}	Masse imbrulée	(kg)	0,326	0,345	0,290	0,348	0,345	0,327
P_{briquette consommé}	Masse de briquette consommée	(kg)	0,195	0,324	0,314	0,348	0,321	0,327
t _{ébullition}	Temps d'ébullition	(mn)	45	34	24	25	20	29,6
t _{final}	Temps final	(mn)	60	39	49	40	35	44,6
		(s)	3 600	2 940	2 340	2 400	2 100	2 676
		(h)	1,000	0,817	0,650	0,667	0,583	0,743
	Consommation moyenne	(kg/h)						0,233

Après plusieurs Tests d'ébullition d'eau réalisés au laboratoire, avec une masse consommée de 0,173 kg en moyenne pour chaque test, la consommation moyenne (par heure) des briquettes anciennes est de 0,186 kg/h. La masse moyenne d'eau volatilisée est de 0,142kg pour 2 kg d'eau à bouillir. Avec une masse moyenne d'un échantillon de briquette comprise entre 42 et 45 g, le nombre de briquettes ayant été testées est de 11 briquettes correspondant à une masse de 0,5 kg.

Sur les briquettes optimisées, nous avons des résultats suivants :

- La masse par pièces de l'échantillon est comprise entre 38 et 41 g
- La masse de briquette testée est de 0,5 kg ou 12 pièces
- La masse moyenne consommée à chaque test est de 0,327 kg ou 0,233 kg/h de consommation moyenne (par heure).
- La masse moyenne d'eau volatilisée est de 0,741kg pour 2 kg d'eau à bouillir.

D. Comparatif des caractéristiques de la production initial avec matériel traditionnel et avec l'automatisme

TABLEAU 9. TABLEAU COMPARATIF DES CARACTERISTIQUES DE PRODUCTION

	Matériel traditionnel	Matériel avec l'automatisme
Matières premières	Production journalière (ancienne formule) 150 Kg par jour -Poudre de charbon de bois : 50kg -Bouse de bovin : 50kg -Argile : 50kg	Production journalière (avec nouvelle formulation) 2 000 Kg par jour -Poudre de charbon de bois : 1 320 kg -Bouse de bovin : 320 kg -Argile : 320 kg
Effectif de personnel	Méthode traditionnelle : - 15 employés	Avec l'automatisme : - 4 employés
Production par jour	Nombre de brique fabriquée : - 3 000 pièces	Nombre de brique fabriquée : - 43 200 pièces

IV. DISCUSSION

L'objectif de ce travail est non seulement d'améliorer la qualité des briquettes combustibles fabriquées auprès de l'association (ancienne formule) dans l'optique d'éliminer l'odeur, la fumée émise et les cendres générées lors de la combustion mais aussi d'accroître la production journalière pour satisfaire l'accroissement de la demande à travers l'optimisation et l'automatisation d'une presse à brique.

La formulation de la brique initiale (ancienne formulation de l'association Tsinjolavitra est de : **Poudre de charbon : 2/6 ; Argile : 2/6 ; bouse de bovin : 2/6.**

On a trouvé la nouvelle formulation de la brique optimisée comme suit : **Poudre de charbon : 4/6 ; Argile : 1/6 ; bouse de bovin : 1/6.**

La région Vakinankaratra est actuellement une région où le bois énergie y fait défaut. Le charbon de bois est approvisionné par la région Amoron'i Mania et Haute Matsiatra. Cette situation explique la cherté de la source d'énergie domestique locale qui a un impact significatif sur le budget mensuel des ménages. L'amélioration de la qualité de la brique fabriquée par l'association Tsinjolavitra aura une influence sur les ménages à l'adoption de ces briquettes moyennant une sensibilisation de la part du personnel de ladite association en mettant en exergue tous les avantages apportés par l'utilisation de ces combustibles.

Aussi, pour attirer plus de ménages à adopter cette nouvelle formule de brique, il faut tenir compte respectivement de la publicité au niveau des médias parlés et écrits ainsi que la sensibilisation de toute la population locale sur son utilisation.

Sur le plan social, l'accroissement de la demande en brique dans la commune urbaine d'Antsirabe et que l'exploitation manuelle n'arrive plus à satisfaire la demande avec seulement 150 kg/j, le recours à la production semi industrielle utilisant une machine n'est plus à écarter. C'est dans ce cadre qu'a été focalisé ce travail de recherches par l'introduction d'une machine pour la production de brique combustible. L'introduction de cette machine avec une capacité de production de 2,1 Tonne par jour a comme conséquence le chômage de onze (11) employés qui ont déjà travaillé dans l'association pendant plus d'une vingtaine d'années.

En ce qui concerne le sort des employés qui ont perdu leur travail, la solution proposée est qu'ils peuvent monter leur propre PME afin qu'ils puissent produire un autre modèle de briquelette combustible mais portant leur nouvelle marque. C'est donc une promotion pour eux. Dans ce cadre, ils contribuent aussi au développement ou à la vulgarisation de l'énergie alternative dans la région.

V. CONCLUSION

Force est de constater que la qualité de la briquelette combustible de l'association Tsinjolavitra (ancienne formulation) a été améliorée par le biais de la variation de la teneur respective de ses composantes. Une nouvelle formulation a été trouvée et en adéquation avec la qualité requise proposée par ses utilisateurs potentiels, c'est-à-dire briquelette sans odeur, sans fumée, à faible teneur en cendre. De plus, compte tenu du problème en énergie domestique de la région Vakinankaratra, le choix de l'association pour la nouvelle technologie d'automatisation d'une presse à briquelette combustible est la meilleure solution pour la satisfaction de la forte demande en briquelette combustible des utilisateurs potentiels. La méthodologie adoptée dans le cadre de ce travail de recherches consiste respectivement à collecter des informations ou des données relatives au thème, prendre des échantillons de l'ancienne briquelette de l'association tsinjolavitra selon la formule initiale, fabriquer une nouvelle briquelette de la nouvelle formulation, déterminer leurs caractères physico-chimiques, tester leur efficacité énergétique par rapport au bois énergie.

Les résultats issus de ce travail de recherches sont probants entre autres :

- La nouvelle formulation, sans fumée, sans odeur et à faible teneur en cendre a été trouvée avec un rapport 4/6 de poudre de charbon ; 1/6 d'argile et 1/6 de bouse de bovin.
- Les caractères physico chimiques de l'ancienne et nouvelle formulation sont connus et récapitulés comme suit :
- Pour l'ancienne briquelette de l'association Tsinjolavitra : un taux d'humidité de **9,43%** ; une teneur en matières volatiles de **12,14 %** ; une teneur en cendres de **65,23%** ; une teneur en carbone fixe de **13,20%** ; un Pouvoir Calorifique Inférieur d'une valeur de **2 781,71Kcal/kg**, soit **11 642 856,38/kg**.
- Pour la nouvelle briquelette, c'est-à-dire l'ancienne briquelette améliorée : un taux d'humidité de **9,00 %** ; une teneur en matières volatiles de **11,68%** ; une teneur en cendres de **49,82%** ; une teneur en carbone fixe de **29,50%** ; un Pouvoir Calorifique Inférieur d'une valeur de **4 014,65 Kcal/kg**, soit **16 803 299,39J/kg**.
- L'automatisation a permis d'accroître la production de briquelette de l'association de 150kg par jour antérieurement à 2 000kg par jour pour cette nouvelle technique. Ce qui est largement suffisant et satisfaisant la forte demande locale en combustible domestique régional.

Beaucoup reste encore à faire mais une question se pose : l'application de cette technologie d'automatisation et l'adoption de la briquelette de nouvelle formulation à la place du bois énergie au niveau des ménages dans le pays signifiera-t-elle qu'il n'y aura plus de déforestation et que Madagascar trouvera-t-elle son appellation d'antan « île verte, île de rêve ?

REFERENCES

- [1] A. F. Ranaivosoa, Contribution à la valorisation énergétique de la biomasse à Madagascar - Application de la gazéification sur les résidus de noix de coco, Diplôme d'études approfondies en Génie Minéral, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2004
- [2] A. Said, Contribution à l'étude de potentialité et valorisation de la biomasse à Madagascar ; application de gazéification sur les résidus de riz. Diplôme d'études approfondies en Génie Minéral, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2008
- [3] R. Berahab, "Energies renouvelables en Afrique : Enjeux, défis et opportunités, Rabat: PCNS", p. 133, 2019
- [4] Forests News, *Cinq choses à connaître sur les briquelettes de biomasse et de la bioénergie durable en Afrique*, 2012, 2010, <https://forestsnews.cifor.org/72699/cinq-choses-a-connaître-sur-les-briquelettes-de-biomasse-et-la-bioenergie-durable-en-afrique?fnl=>, consulté le mois de juin 2022.

-
- [5] S. Clarke et F. Preto, 2011, «Densification de la biomasse pour la production d'énergie,» *AGDEX 737/120, Commande N°11-036*, pp. 1-3.
- [6] IRENA, 2013 «L'Afrique et les énergies renouvelables : La voie vers la croissance durable,» pp. 5-8.
- [7] Miora Vatosoa R, 2016, *production d'éthanol combustible a partir de la canne à sucre : efficacité énergétique et écologique dans la commune de fanandrana toamasina II* . M II en Géo énergie. ESPA Vontovorona.
- [8] Présentation de la société Soavoanio et Revue sur les grandes lignes, 1972 consulté le mois d'avril 2022.
- [9] Huchard Paul Berthin R, 2014, la pyrolyse des sous-produits agricoles et forestiers de faible granulométrie de Madagascar: influence des paramètres de pyrolyse sur les caractéristiques des produits combustibles. Docteur en physique énergétique. Physique chimie à Ankatso.
- [10] H. Ney « Electrotechnique et normalisation 2 éléments d'automatisme ». Edition Nathan, France, p.204, 1989
- [11] O. Razafimanantsoa, 2011, Conception d'une unité de production de matériaux de construction et de briquettes combustibles à partir des sciures de bois sis à Antsirabe, Université d'Antananarivo, ESPA, Génie Chimique, 103 p.
- [12] M. Soatahiniavo, 2019, Contribution à l'élaboration des combustibles solides à partir des sciures et copeaux de bois, Université d'Antananarivo, ESPA, Génie des Procédés Chimiques et Industriels, 73 p.