



REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Fitiavana – Tanindrazana – Fandrosoana



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE – VAKINANKARATRA

Mémoire de fin d'étude d'obtention du diplôme de licence

Mention : Génie Civil

Parcours : Science et Ingénierie des Matériaux

VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS AGROFORESTIERS (BIOCOMBUSTIBLE SOLIDE)

Présenté par : RAFANOMEZANTSOA Charles Jaona Roseltot

Encadreurs : Monsieur RANDRIANARIVELO Frédéric
Madame RAFEHIFANDAMINANA Innocente,

Année universitaire : 2016-2017



REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Fitiavana – Tanindrazana – Fandrosoana



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE – VAKINANKARATRA

Mémoire de fin d'étude d'obtention du diplôme de licence

Mention : Génie Civil

Parcours : Science et Ingénierie des Matériaux

VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS AGROFORESTIERS (BIOCOMBUSTIBLE SOLIDE)

Présenté par : RAFANOMEZANTSOA Charles JaonaRoseltot

Membre de jury :

Président : Docteur RAJAONARISON Eddy Franck

Encadreur pédagogique : Docteur RANDRIANARIVELO Frédéric

Co encadreur : Madame RAFEHIFANDAMINANA Innocente, maitre assistante

Examineurs : Madame RAFARAMALALA Nalaminjanahary Georgette, maitre assistante

: Monsieur KOERA Rasoloniaina Antoine, Maitre-Assistant

Soutenu le : 13 Avril 2018

REMERCIEMENTS

Remercions les seigneurs tout puissants pour donner la force et santé jusqu'à ce jour.

J'adresse mes vifs remercient à :

-Monsieur RAJAONARISON Eddie Franck, le Directeur de l'Institut d'Enseignement Supérieure d'Antsirabe Vakinankaratra et d'avoir présidé ce présent mémoire

-Monsieur RANDRIANARIVELO Lanja, Chef de département en Génie Civil.

-Monsieur RANDRIANARIVELO Frédéric, Directeur de ce mémoire, Docteur Ingénieur, Maitre de conférences à l'Ecole supérieur Polytechnique d'Antananarivo et Chef de la mention Sciences et Ingénierie des Matériaux, encadreur de ce travail.

Je tiens à remercier tous les membres du jury :

-Madame RAFEHIFANDAMINANA Innocente

-Monsieur KOERA Rasolofoniaina Antoine

-Madame RAFARAMALALA Nalaminjanahary Georgette

Je remercie tous les enseignants de l'Ecole Supérieur Polytechnique Vakinankaratra et le département Science et Ingénierie des matériaux.

Enfin, je remercie toute ma famille qui m'a toujours soutenu financièrement, moralement et le matériellement durent la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

Partie I : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I : COMBUSTION ET COMBUSTIBLES

I.1 combustibles

I.2 détermination des principales propriétés énergétiques

CHAPITRE II : BIOCOMBUSTIBLES

II.1 Biomasse

II.2 Biocombustibles solides

III.3 Tourbe.

PARTIE II : ETUDES EXPERIMENTALES

CHAPITRE III : ENQUETE POUR DETERMINER LES TYPES DES DECHETS AGRICOLE

-Données sur produit agricoles dans la région de Vakinankaratra

-Estimation des résidus agricole à Madagascar

CHAPITRE IV : TRANSFORMATION ET CARACTERISATIONS

IV.1 caractérisations des résidus

IV.2 procédé de transformation en biocombustibles solide

IV.3 caractérisations des produits finis

IV.3.1 Analyse chimiques

LISTE DES FIGURE

Figure 1 : Evolution du contenu des fumées avec l'excès d'air [%] de combustion : cas de la combustion avec pré mélange air-combustible (par exemple mélange d'air et de gaz naturel).	11
Figure 2: Processus de production d'énergie [4].....	14
Figure 3 : Processus d'agglomération des résidus agroforestiers.....	37
Figure 4 : Courbe de séchage	43
Figure 5 : Courbes de séchage des briquettes.....	48

LISTE DE PHOTOS

Photo 1 : bois de chauffage	17
Photo 2 : copeaux de bois.....	17
Photo 3 : briquette de charbon.....	17
Photo 4 : granules de bois	18
Photo 5 : Résidus de coco	35
Photo 6 : Tourbe.....	36
Photo 7 : Tige de maïs.....	36
Photo 8 : Tige de maïs après séchage.....	36
Photo 9 : Coque de pois de terre	37
Photo 10 : Ecorce de coco	38
Photo 11 : Tige de maïs.....	38
Photo 12 : Broyage de l'écorce de coco	39
Photo 13 : Broyage de tige de maïs.....	39
Photo 14 : Tamisage tourbe.....	40
photo 15 : Balance électronique	40
Photo 16 : Mélangeage	41
Photo 17 : Pressage	41
Photo 18 : Démoulage	42
Photo 19 : Briquettes combustible	42
Photo 20 : Schémas d'expériences	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : compositions des divers combustibles solides	6
Tableau 2 : Pouvoir calorifique (PC) des gaz combustibles	7
Tableau 3 : Ordres de grandeur du CO ₂ produit.....	9
Tableau 4 : Production de H ₂ O lors de la combustion	9
Tableau 5 : Comparaison de cinq types de houille avec le lignite et la tourbe	20
Tableau 6 : Composition de cendre de cendre dans la tourbe	21
Tableau 7 : Composition en pourcent de la tourbe.....	21
Tableau 8 : Type de déchet dans huit régions de Madagascar	24
Tableau 9 : Situation du district, superficie et communes	25
Tableau 10 : Produit agricole principal	25
Tableau 11 : Produits agricoles dans la région Vakinankaratra	26
Tableau 12 : valeur totale des cultures autre que le riz	26
Tableau 13 : estimation du produit vivrier (en tonne).....	27
Tableau 14 : Tableaux de la production en 2014	27
Tableau 15 : estimations vivrières.....	28
Tableau 16 : Evaluation des produits	29
Tableau 17 : Produit agricole	29
Tableau 18 : Tableau de l'évaluation des produits.....	29
Tableau 19 : Estimations des produits vivriers en tonne.....	30
Tableau 20 : Estimation du produit vivrier en tonne.....	31
Tableau 21: Evaluation des produits	31
Tableau 22 : Estimation des produits en tonne	31
Tableau 23 : Estimation des produits en %	32
Tableau 24 : Estimation des produits en tonne	32
Tableau 25 : Tendence de la production rizicole des six dernières années (2003-2008).....	33
Tableau 26 : Evolution de production du café	34
Tableau 27 : Dosage expérimentale	40
Tableau 28: Résultat du Séchage à l'air libre.....	43
Tableau 29 : Résultat d'analyse physique-chimique.....	47
Tableau 30 : Comparaison des briquettes et charbon de bois	47
Tableau 31 : Séchage de briquettes à l'aire libre.....	48
Tableau 32 : Tableau de récapitulation de tout l'échantillon	III

LISTE DES ABREVIATIONS

S_{O_3}	Sulfate
SO_2	gaz carbonique
C	Carbone
Tc	taux de cendre
SO_2	Oxyde de soufre
Mv	Teneur en matière volatile
I_{Mv}	Indice de matière volatile
a	masse volumique
Cf	Teneur en carbone fixe
H_2O	Eau
Pc	Pouvoir calorifique
Kcal	kilocalorie
$^{\circ}C$	degré Celsius
Kg	kilogramme
H	Humidité
O	Oxygène
N	Azote
G	gramme
m^3	mètre cube

INTRODUCTION

Le combustible est un besoin quotidien de l'homme ainsi que dans les industries utilisent de la chaleur (Chaudière, four...) Le combustible ménager représente jusqu'à 80% de la consommation nationale d'énergie. À Madagascar, Le prix du charbon de bois augmente sans cesse et le déboisement constitue un grave problème, soit 14% de réduction de la couverture forestière de 1990 à 2005. Certains résidus agro forestiers pourraient être valorisés comme combustible. Face à ces problèmes, nous avons choisi ce thème de mémoire concernant : « VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS AGRFORESTIER BIOCOMBUSTIBLES SOLIDE ». Le contenu de ce travail sera composé en 2 parties. Dans la première partie, les études bibliographiques, on va développer la notion sur le combustible et combustion ainsi que la caractérisation de la tourbe, dans la deuxième partie, les résultats des enquêtes pour déterminer les types des déchets agricoles régionaux à Madagascar, essai de transformation et caractérisation des résidus

PARTIE 1.
ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I

COMBUSTIBLE ET COMBUSTION

I.1 COMBUSTIBLE [1]

I.1.1 Définition

Les combustibles sont multiples (gaz, pétrole, bois, charbon, ...) mais ils ont un point commun : celui de contenir principalement des hydrocarbures, c'est-à-dire des combinaisons multiples de carbones et d'hydrogènes. La composition des combustibles peut être représentée par la formule générique : CH_yO_x , soit pour un atome de carbone (C), on trouve en moyenne "y" atomes d'hydrogène (H) et "x" atomes d'oxygène (O).

I.1.2 Types

I.1.2.1 Combustible solide et liquide

Les combustibles solides et liquides sont formés des composés des éléments suivant : C, H, O, N, S. Leur combustion due à l'oxydation par l'oxygène de l'air combinant fournit les composés CO_2 , H_2O , SO_2 .

I.1.2.2 Combustible gazeux

- Les combustibles à gaz naturelles sont essentiellement hydrocarbure. Les plus importants sont CO , H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_3H_8 , C_4H_{10} .
- Les combustibles gazeux artificiels ou gaz inertes sont obtenus après gazéification des combustibles solides tels que le CO_2 , N_2 , H_2O .
- Les gaz qui entrent dans le mélange en très faible proportion sont désignés par gaz sous forme sulfuré de trace, ce sont le SO_2 , SO_3 , NH_3

La composition est toujours indiquée en pourcentage de volume. La composition d'un mètre cube normale ($1m^3_N$) de gaz sec s'obtient par conséquent à partir de la somme des volumes partielles :

$$1m^3_N = C_o + H_2 + CH_4 + C_mH_n + CO_2 + N_2 + O_2$$

Dans cette formule, les lettres en minuscule signifient le pourcentage en volume de m^3/m^3 .

I.1.2.3 *Pouvoir calorifique*

Le **pouvoir calorifique** d'un combustible est la chaleur que peut dégager la combustion complète d'une unité de combustible. Dans le milieu scientifique, on l'exprime souvent en kJ/kg de combustible. Néanmoins, suivant le domaine d'application, on peut l'exprimer dans d'autres unités plus pratiques, par exemple, en kWh/m³ pour le gaz ou kWh/litre pour le fuel.

Dans les produits de la combustion, il y a de la vapeur d'eau, issue de la réaction de l'hydrogène du combustible. Dans certains appareils de combustion, l'eau reste à l'état de vapeur et s'échappe dans cet état vers la cheminée. La chaleur nécessaire pour vaporiser l'eau est donc perdue. Au contraire, certains appareils permettent de condenser l'eau et de récupérer l'énergie dégagée par l'eau pendant son changement de phase. On pense typiquement aux chaudières dites à condensation qui utilisent ce procédé pour augmenter leur rendement.

Sur base de cette distinction, on définit deux pouvoirs calorifiques :

- Le pouvoir calorifique inférieur (PCI ou H_i), mesuré en conservant l'eau à l'état vapeur,
- Le pouvoir calorifique supérieur (PCS ou H_s), mesuré après avoir récupéré la chaleur de condensation de l'eau.

On peut déduire le PCI par unité de masse d'un combustible pur caractérisé par la composition CH_yO_x par la formule expérimentale suivante exprimée en MJ/kg :

$$\text{PCI} = (393.6 + 102.2 y - (110.6 + 204.4) y) x / (1+y)/(12+y+16x) \text{ en [MJ/kg]}$$

Cette formule est d'application pour tous les combustibles, qu'ils soient fossiles ou issus de la biomasse. Néanmoins, il donne l'énergie pour un combustible pur (c'est-à-dire non dilué par un agent supplémentaire comme de l'eau).

▪ **Combustibles solides et liquides**

Le PCS de la combustion solide et liquide est la quantité de chaleur dégagée par Kilogramme de combustible dans le cas de combustion parfaite et complète c'est-à-dire que le carbone transforme en CO₂, l'Hydrogène en H₂O, le S en SO₂, N₂ n'est pas oxydé pendant la réaction.

Il existe trois possibilités de formulation suivant Dulong, Shuster et Vondracek.

- Formule de Dulong

$$\text{PCI} = 8100 c + 2500 s + 29\,000 (h - o/8) - 585 w$$

- Formule de Shuster

$$PCI = (25400 + 3500 o) [C/3 + h - (o - s) / 8] - (9h + w) 585$$

— Formule de Vondracek

$$PCI = [7860 + (280 \sqrt[4]{100(1 - Cwaf)}) c + [21500 (h-0, 16 o)] + 2500 s - 525 w$$

Les valeurs numériques indiquent la chaleur de combustion des différents éléments exprimées en [%/100] ou [kg/kg]

Le 585 [Kcal/kg] indique la chaleur d'évaporation moyenne d'H₂O

Cwaf : teneur en Carbone exprimé en [kg/kg] rapporté au combustible exempté d'eau et de cendre

Le PCI indique la quantité de chaleur effectivement utile dans la pratique. C'est la quantité de chaleur dégagé par kilogramme des combustibles solide et liquide lorsque les produits de combustion sont refroidis à la température initiale et que la vapeur d'eau n'est pas condensée.

$$PCI = PCS - [(9H + w)/100] / x i_v$$

H en [%] indique la tenue en hydrogène du combustible

W en [%] teneur en eau ou humidité de combustibles

i_v : chaleur d'évaporation ou chaleur de condensation de l'eau à la température finale [Kcal/kg].

9H présente la quantité d'eau formé à partir de l'hydrogène pendant la combustion.

Tableau 1 :compositions des divers combustibles solides

Combustibles	Origine (Pologne et Allemagne)	W [%] eau	A [%] cendre	Rapport aux combustibles exempts d'eau et de cendre %						PCI Kcal/kg
				Matériaux volatil	C	H2	O2	N2	S	
Anthracite	Ruhr	2	5	10	91	4	3	1	1	77900
Charbon flambant	Sarre	4	5	40	86	5.5	6	1.5	1	7200
Houille	Pologne	5	6.5	42	80.5	5	23	1	1	6600
Lignite brut	Lansitz	15	5	45	70	5	23	1	1	2400
Aggloméré de lignite	Lansitz	4	7	45	70	5	23	1	1	4900
Lignite brut	Borna	52	5	57	70	6	21	1	2	2500
Aggloméré de lignite	Borna	16	10	57	70	6	21	1	2	4800

- **Combustibles gazeux**

La détermination du PC s'effectue expérimentalement au moyen d'un calorimètre pour part gazeux

Tableau 2 : Pouvoir calorifique (PC) des gaz combustibles

Combustibles	Poids moléculaires	Composition en volume %								PC Kcal/m3	
		CO	H2	CH4	CmHn	H2S	CO2	N2	O2	PCS	PCI
Gaz naturelle	16 à 29	-	-	99	0-67	-	0-6.5	0-9	-	9000-14000	8000-1300
Gaz naturelle riche en méthane	17.28	-	-	98.5	2.5	-	0.4	6.6	-	9036	8122
Gaz naturelle riche en éthane	19.52	-	-	75.0	24.0	-	-	1.0	-	11117	10101
Gaz d'huile (gaz de craquage)	16.2	3.0	15.0	44.0	35.0	-	1.0	2.0	-	10600	9600
Gaz de coquerie (coque faction de charbon)	10.95	5.4	56.8	23.9	2.0	-	2.2	9.3	0.3	4555	4029
Gaz de ville (gaz mixte)	13.22	21.5	51.5	17.0	2.0	-	4.0	4.0	-	4144	3713
Gaz de distillation de la houille	15.7	7.0	27.0	48.0	13.0	-	3.0	2.0	-	7630	6920

Le PCS ou chaleur de combustion d'un combustible gazeux est la quantité de chaleur pouvant être cédée par m³ normal de gaz dans le cas d'une combustion complète.

$$\text{PCS} = 3220 \text{ Co} + 3050 \text{ H}_2 + 9520 \text{ CH}_4 + 17000 \text{ Cmh}_n + 6140 \text{ H}_2\text{S} + \dots \text{ [Kcal/m}^3\text{N]}$$

On obtient le PCI par la chaleur d'évaporation de la vapeur d'eau produite.

$$\text{PCI} = 3020 \text{ Co} + 2570 \text{ H}_2 + 8550 \text{ CH}_4 + 17\,000 \text{ Cmh}_n + 5660 \text{ H}_2\text{S} + \dots \text{ [Kcal/m}^3\text{N]}$$

I.2 COMBUSTION et CALCUL DE COMBUSTION

I.2.1 Définition

La combustion peut être définie comme la réaction chimique qui a lieu lors de la combinaison entre l'oxygène et une matière combustible. Cette réaction est globalement exothermique, c'est-à-dire qu'elle se produit avec un dégagement de chaleur. Dans le cas du bâtiment, cette chaleur est essentiellement utilisée pour maintenir une température de confort.

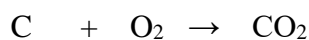
Il est nécessaire d'examiner certains phénomènes pour bien mener une combustion :

- Maturation de combustion
- Température d'inflammation (exemple : tête d'allumette : 170°C....)
- Vitesse d'inflammation

I.2.2 Produit de la combustion

Deux produits principaux résulteront d'une combustion correcte : du dioxyde de carbone (ou CO₂) et de l'eau (ou H₂O).

- Combustion du carbone



$$1\text{mol} \quad 1\text{mol} \quad 1\text{mole}$$

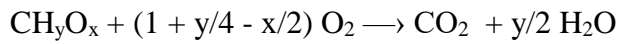
$$12\text{kg} \quad 32\text{kg} \quad 44\text{kg}$$

$$12\text{kg} \quad 22.4\text{m}^3\text{N} \quad 22,4\text{m}^3\text{N}$$

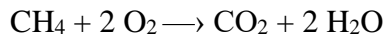
$$1\text{kg} \quad 1.867\text{m}^3\text{N} \quad 1.867\text{m}^3\text{N}$$

Autrement dit, la combustion complète de 1kg de C nécessite 1.867m³N d'O₂ et de gaz 1.867m³N de CO₂.

En effet, si on considère la combustion "stœchiométrique" (c'est-à-dire contenant la quantité d'oxygène exacte pour faire réagir le combustible de manière parfaite), on obtient :



Par exemple, on obtient pour le méthane



C'est le CO₂ dont on parle au niveau de la pollution atmosphérique et de la problématique ; Il est principalement lié à l'utilisation des combustibles fossiles, elle-même liée à l'activité économique. Voici les ordres de grandeur du CO₂ produit.

Tableau 3 : Ordres de grandeur du CO₂ produit

Production de CO₂ lors de la combustion de (on peut estimer grossièrement qu'au niveau valeur énergétique, 1 m³ de gaz = 1 litre de fuel) :	
1 m ³ de gaz	2 kg CO ₂ /m ³
1 litre de fuel	2,7 kg CO ₂ /litre

Les fumées en sortie de chaudière contiendront également de la vapeur d'eau (H₂O).

Tableau 4 : Production de H₂O lors de la combustion

Production de H₂O lors de la combustion de	
1 m ³ de gaz	1,68 kg/m ³
1 litre de fuel	0,9 kg/litre

Mais l'oxygène provient de l'air atmosphérique et celui-ci contient également de l'azote (N), qui théoriquement reste neutre dans la réaction de combustion et devrait être rejeté comme tel dans les fumées. Cependant, sous certaines conditions de combustion, cela n'est pas le cas. En effet, l'azote se combine avec l'oxygène pour former des oxydes d'azote NO, NO₂, N₂O,... rassemblés sous la dénomination **NO_x**. Ceux-ci sont en partie responsables des pluies acides.

Les combustibles contiennent également des traces d'autres éléments dont la combustion est nocive pour l'environnement. Le principal est le soufre dont l'oxydation fournira du SO₂ et du SO₃. Ce dernier formera de l'acide sulfurique par combinaison avec de l'eau (par exemple, lors du contact entre les fumées et les nuages). C'est ce qui entraîne aussi la formation de pluie acide. Si le gaz naturel ne contient pratiquement pas de soufre, le mazout et le charbon sont à ce niveau assez polluant et la réglementation vise à abaisser la teneur en soufre maximale autorisée.

En résumé, les produits de la combustion sont principalement constitués de CO₂, d'H₂O, de NO_x et de SO_x.

I.2.3 Combustion des combustibles liquide-solide

C'est la détermination de la quantité d'air nécessaire et de la quantité de gaz brûlé.

I.2.4 Combustion des combustibles gazeux

I.2.4.1 Théorie de la combustion

— Combustion complète

La réaction est dite complète si les gaz brûlés ne comprennent, outre les éléments inertes, que des produits complètement oxydés.

En réalité, plusieurs produits intermédiaires sont formés au cours d'une combustion réelle. Comme on s'intéresse ici uniquement aux états d'équilibre initial et final, on ne les considèrera pas. Ils s'avèrent néanmoins importants en pratique, en particulier pour les problèmes de pollution.

Dans la plupart des cas, comme on l'a mentionné précédemment, le comburant utilisé est l'air, plutôt que l'oxygène pur. La composition de l'air est approximativement, en fractions molaires, 21% d'oxygène, 78% d'azote, et 1% d'argon. Ces deux dernières substances sont supposées inertes et pour simplifier, on considère que l'air est composé de 21% d'oxygène et de 79% d'azote atmosphérique.

I.2.4.2 Calcul d'air (quantité d'air nécessaire)

La quantité d'air nécessaire pour brûler 1 m³ ou 1 litre de combustible dépendra des caractéristiques de celui-ci. Mais il est bon d'avoir en tête un ordre de grandeur.

"La combustion 1 m³ de gaz naturel ou d'1 litre de fuel requiert environ 10 m³ d'air à 15°C"

A cette quantité "stœchiométrique", c'est-à-dire requise par l'équation chimique de la combustion, s'ajoute un léger excès d'air pour s'assurer que toutes les molécules de combustible soient bien en contact avec l'oxygène. En effet, il faut prévoir que certaines molécules d'oxygène vont traverser le foyer sans se lier au combustible. Dit autrement, il faut éviter d'avoir des zones, des poches, où le processus de combustion viendrait à manquer localement d'oxygène.

On travaille donc avec un excès d'air comburant qui s'élève par exemple pour la combustion du fuel à environ 20 %. Il faut donc prévoir 12 m³ d'air pour brûler 1 litre de fuel.

Lorsqu'une combustion se fait avec une arrivée insuffisante d'oxygène, on parle de combustion incomplète. Celle-ci se traduit par la production d'imbrulés (suies qui encrassent la chaudière)

ou d'éléments partiellement oxydés, pouvant encore brûler, comme le monoxyde de carbone (CO).

Le CO est un gaz très dangereux : il est inodore, il passe dans le sang, se fixe sur l'hémoglobine à la place de l'oxygène et empêche le transport de celui-ci jusqu'aux cellules. Une teneur de 0,2 % de CO dans l'air entraîne la mort en moins d'une demi-heure ...

La formule de la quantité d'air nécessaire :

$$A = \lambda \times A_{min}$$

Avec λ c'est le facteur d'air et

A_{min} la quantité minimale d'air; d'après la formule de Fehling et Rosine, pour la combustion

solides :

$$A_{min} = \frac{1,01 P C}{1000} + 0,5 [m_N^3 / kg]$$

La figure suivante montre l'évolution de la composition des fumées en fonction de l'excès d'air dans le cas d'une combustion à pré mélangé (d'air et du combustible). On constate qu'en présence d'un manque d'oxygène, il y a production de CO. Lorsque l'excès d'air augmente au-delà d'une certaine valeur, la teneur en CO₂ des fumées diminue par dilution, dilution qui diminue le rendement de combustion dans la mesure où les fumées ont une température plus basse.

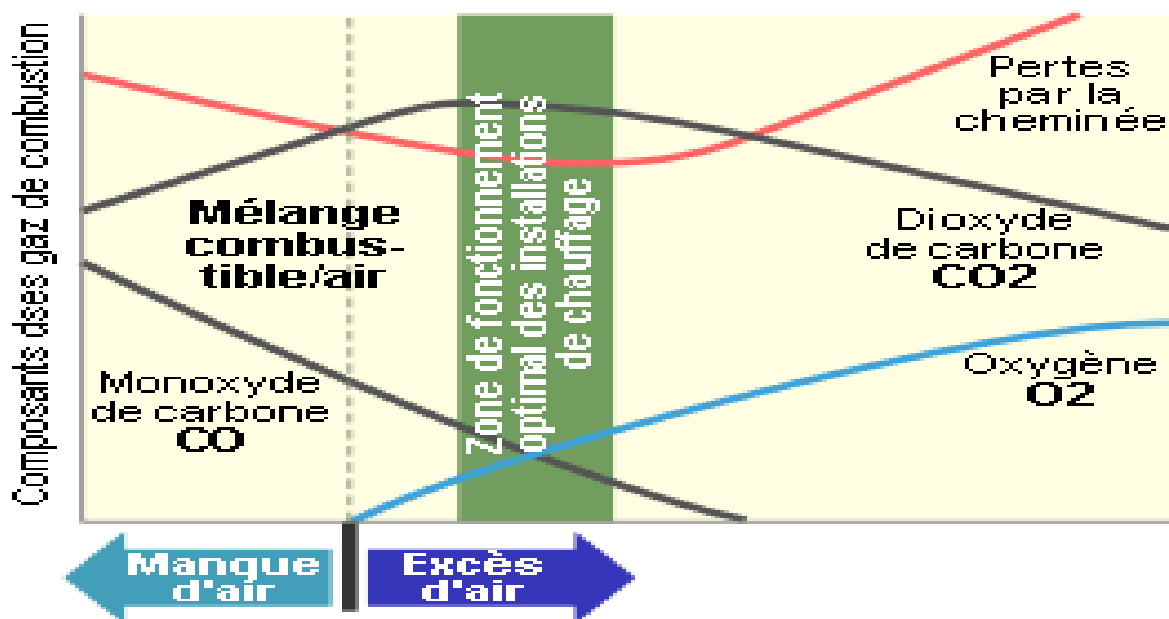


Figure 1 : Evolution du contenu des fumées avec l'excès d'air [%] de combustion : cas de la combustion avec pré mélange air-combustible (par exemple mélange d'air et de gaz naturel).

$$A_{ex} = A_{min} (\lambda - 1) [m_N^3 / kg]$$

Avec A_{ex} la quantité d'air en excès

I.2.4.3 Calcul de la quantité des gaz brûlés

Si la combustion est complète et parfaite avec la quantité d'air théoriquement nécessaire qu'on obtient la quantité théorique de gaz brûlé noté V_{min} [m_N^3 / kg]

S'il s'agit des gaz brûlés contenant de la vapeur d'eau on écrit : V_{minf}

$$V_{minf} = 1,867 c + 11,2 h + 0,8 n + 0,7 s + 1,244 w + 0,79 A_{min} + 1,244 A_{min f} \text{ [} m_N^3 / kg \text{]}$$

Pour la combustion solide et liquide :

$$V_{min} = 0,89 \frac{Pc}{1000} + 1,65 \text{ [} m_N^3 / kg \text{]}$$

S'il s'agit de gaz brûlés secs :

$$V = V_{min} + A_{ex} \text{ [} m_N^3 / kg \text{]}$$

On peut déduire la teneur en oxygène des gaz brûlés :

$$O_2 = 0,21 A_{ex} \text{ [} m_N^3 / kg \text{]}$$

CHAPITRE II

BIOCOMBUSTIBLE

II.1 Généralité sur la biomasse [2], [3]

Dans le domaine de l'énergie, le terme de biomasse désigne l'ensemble des matières produites de façon permanente et pourrait être utilisée à la production d'énergie. Le bois est le plus rependu et l'on peut l'associer avec des déchets végétaux et des produits agricoles, les déchets d'origine industrielle et urbaine susceptibles de bruler et les plante dont les graines contiennent du carbone, toute comme les cultures énergétiques spécialement développées à cette fin. Depuis plusieurs dizaine d'année l'homme utilise l'énergie de la biomasse, pour cuire et se chauffer ou s'éclairer (torche, lampe à houille). Aux XVIII^{ème} siècles, des machines à vapeur et des aérostats sont alimentés par du bois. À la fin du XIX^{ème} siècle, l'ingénieur thermicien, RUDOLF Diésel, a conçu un moteur fonctionnant à la houille végétale.

Des crises ont relancé l'intérêt de la biomasse : des gazogènes et du gazéifiant du bois comme carburant de nombreuses véhicules quand le pétrole a manqué durant les deux guerres mondiales. Les deux dernières crises pétrolières ont relancé l'usage du bois de chauffage.

II.1.1 Définition

La bioénergie désigne l'énergie renouvelable tirée de la conversion de la biomasse en énergie, qu'il s'agisse des produits solides, liquides et gazeux dérivés des combustibles organiques (biocarburants ou biocombustibles).

La conversion énergétique de la biomasse permet de récupérer l'énergie dégagée par l'oxydation du combustible. La biomasse est un combustible difficilement exploitable dans son état brut. Sa transformation permet d'obtenir des combustibles plus intéressants sous forme :

- **Solide** comme les pellets, les plaquettes, les poudres, etc.
- **Liquide** comme de l'éthanol, du biodiésel, les huiles pyrolytiques
- **Ou gazeuse** comme les gaz de décharge, biogaz, le gaz de bois ou d'autres résidus utilisables dans des moteurs, chaudières ou turbines. Cette transformation peut se faire par voie thermochimique, par voie biochimique ou par voie mécanique.

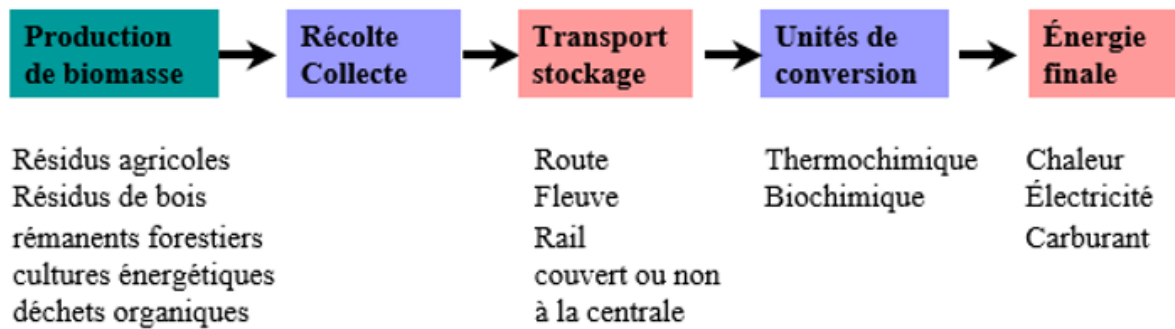


Figure 2: Processus de production d'énergie [4]

La biomasse est une forme reconnue d'énergie renouvelable et est considérée comme un moyen efficace de lutter contre le réchauffement climatique, en remplaçant l'utilisation des combustibles fossiles. Des quatre types principaux de biomasses, les plantes de type « bois » et les plantes herbacées sont celles qui conviennent le mieux à la production d'énergie.

L'exploitation énergétique de la biomasse dans ses diverses composantes a pour but de produire de la chaleur et de l'électricité dans le processus de cogénération : production de chaleur par combustion de sous-produits de l'agriculture (pailles, rafles de maïs...), de l'industrie du bois (sciures, copeaux...), de taillis issus des forêts ou de véritables cultures ou par combustion d'huiles végétales dans des chaufferies.

Le terme de biomasse regroupe l'ensemble des matières organiques d'origine végétale ou animale susceptible d'être des sources d'énergie biodégradable.

Des produits, déchets et résidus proviennent de l'agriculture, y compris la substance végétale et animale, le bois énergie, matérialisé par les bûches, les granulés et les plaquettes, est de très loin la 1^{ère} source d'énergie.

II.1.2 Origine de la biomasse

Si on y ajoute les biocarburants (11%), les déchets urbains renouvelables (6%), le biogaz et les résidus de récoltes, la biomasse (chaleur, électricité, carburant) est à l'origine de plus de 63% de l'énergie produite à partir de sources renouvelables de notre pays.

II.1.3 Caractéristique énergétique de la biomasse [5]

Il existe trois formes de biomasse représentant des caractéristiques physiques très variées :

La caractéristique énergétique de la biomasse solide (exemple ; paille, copeaux, bûches), les caractéristiques énergétiques des liquides (exemple ; huiles végétales, bio alcools), pour les gazeux, par exemple biogaz.

Alors le pouvoir calorifique d'un combustible indique l'énergie qu'il contient par unité de masse, exprime en MJ/Kg. Le PCI est l'énergie effectivement disponible pour le transfert thermique. Cette différence sur les plans d'énergie utilisable repose sur la composition chimique et le teneur en humidité et en cendre du combustible. A des fins de comparaison, le contenu énergétique des combustibles est exprimé sur une base sèche, comme la plupart des résidus agricoles présentant un pouvoir calorifique de 14 à 19MJ/Kg (6040 à 8200 BTU/lb) par rapport à 17a 30MJ/Kg (7300 à 13000BTU/lb pour le charbon.

II.1.4 Les différents types de la biomasse

- **La biomasse à glucide**

La biomasse à glucide riche en substance glucidique : hydrolysable, la céréale, la betterave sucrière, la canne à sucre ; la valorisation se fait par conversation biologique ; c'est -adire par fermentation ou distillation.

- **La biomasse oléagineuse**

La biomasse oléagineuse regroupe les plantes riches en lipide comme le colza et le palmier à huile. La biomasse oléagineuse est principalement destinée pour produire du biocarburant.

II.1.5 Valorisation de la biomasse

Il existe plusieurs méthodes valables pour transformer la biomasse en forme d'énergie utilisable.

Mais la valorisation de la biomasse dépend directement de sa nature, car il existe trois grandes méthodes de conversion :

- ◆ **La conversion thermique**

La conversion thermique s'effectue par combustion, gazéification, torréfaction et pyrolyse ; exemple le plus connu est celui du bois dont la combustion produit une chaleur non négligeable utilisée par l'homme depuis longtemps.

- ◆ **La conversion biologique**

La conversion biologique est obtenue soit par fermentation soit par distillation, un des marquant de la conversion biologique et celui des biogaz comme le méthane, il est créé par la matière organique en décomposition.

- ◆ **La conversion chimique**

La conversion chimique c'est l'utilisation des produits chimiques pour transformer la biomasse en produit énergétique.

II.1.6 Les avantages de la biomasse

Il est plus avantageux d'utiliser de l'énergie de la biomasse par ce que les plantes et les arbres peuvent être cultivées enfin d'être utilisées.

Alors un autre avantage majeur de la biomasse est qu'elle aide à la gestion des déchets solides produits chaque jour biodégradable.

II.1.7 Les inconvénients de la biomasse

Par rapport à autre gaz combustible ; par exemple les combustibles fossiles, l'énergie de la biomasse devrait être plus abordable. De plus il est important de distinguer la différente source de la biomasse, car des procédés de combustion, surtout avec le bois sont de forts producteurs de CO₂. Certaines sources, bien que dites « renouvelables » nécessitent une gestion raisonnée.

II.2 BIOCOMBUSTIBLES SOLIDES

II.2.1 Définition

Les biocombustibles solides sont produits à partir de la biomasse durant les étapes de transformation, comme la coupe, le séchage, la mise en copeaux, le déchiquetage et la densification (formation en granules ou en briquettes). Ces étapes améliorent les propriétés physiques et chimiques du bois, soit la taille des particules, la teneur en humidité et le contenu en énergie. La densification est une étape nécessaire pour le transport efficace et rentable sur de longues distances, la manutention et le stockage en vrac. D'autres procédés sont en cours de développement (la torréfaction, explosion à la vapeur) afin d'améliorer la qualité des combustibles en augmentant leur contenu en énergie, la durabilité mécanique et en réduisant leur capacité d'absorption d'eau. [7]

II.2.2 Les principaux biocombustibles solides

Les biocombustibles solides sont disponibles sous plusieurs formes, notamment :

- **Le bois de chauffage** : bûches coupées ou fendues, de préférence séchées, d'une longueur uniforme



Photo 1 : bois de chauffage

Mécanique à l'aide d'outils tranchants généralement de 5 à 50 millimètres (mm), et moins épais que longs ; ils sont produits par traitement comme :

- **Les copeaux de bois :** bois mis en copeaux de taille prédéterminée



Photo 2 : copeaux de bois

- **Les briquettes :**

Biocombustible densifié (comprimé) en forme de cube ou de cylindre d'un diamètre de plus de 25 mm



Photo 3 : briquette de charbon

Jusqu'à 25 mm, typiquement 6 mm ou 8 mm, et d'une longueur de 5 à 40 mm

- **Les granules de bois** : biocombustible densifié en forme de cylindre d'un diamètre allant



Photo 4 : granules de bois

CHAPITRE III

LA TOURBE ET LEUR PROPRIETES DE COMBUSTION

III.1 Définition [8]

La tourbe est une matière organique fossile obtenue par l'accumulation sur de longues années de matières organiques mortes essentiellement des végétaux, dans un milieu saturé en eau, la tourbe forme la majeure partie des sols de tourbières. Séchée, elle donne un combustible brun à noirâtre à vastes étangs.

III.2 Formation de la tourbe [9]

Dans certaine tourbe dont la décomposition est très avancée à quelques analogies avec la houille, les végétaux qui les ont formées, sont peu à peu indiscernables. Chez d'autres, au contraire, de formation récente, on distingue assez bien les plantes qui les ont produites. Parmi ces dernières, il faut surtout les sphaignes (*Sphagnum*) qui forment la partie principale de la plupart des tourbes. Les spores, en germant, développent un système filamenteux.

III.3 La tourbière

III.3.1 Définition

Les tourbières sont des zones humides aux eaux généralement acides et stagnantes. Ces caractéristiques créent un milieu appauvri en oxygène et donc pauvre en bactéries ou la matière végétale se décompose très lentement. Elle s'accumule progressivement en formant un dépôt appelé tourbe.

III.3.2 Formation et les conditions nécessaires [10]

La tourbe ne se forme qu'au grand air, et surtout dans l'air humide car les sphaignes absorbent non seulement de l'eau par le pied, mais prennent encore de grande quantité de vapeur d'eau qui sont limpide.

Mais dans eaux vaseuses ou sableuses, la croissance des mousses tourbeuses est entravée. Il en est de même dans les eaux très chargées de gypse et de calcaire.

Une autre condition essentielle est la température : celle qui semble la plus favorable est une moyenne annuelle comprise entre 6 à 8°C.

D'après tous ces allégations, on ne peut s'attendre à trouver de la tourbe dans la zone tempérée froide chaque fois que l'abondance des précipitations atmosphériques est suffisante et si les autres conditions nécessaires pour cette formation sont convenablement remplies ; c'est-à-dire la limpidité des eaux et le libre accès de l'air.

III.3.3 Les aspects de la tourbière [11]

Elle n'est de la boue, ni de la terre comme on trouve dans le champ. On constate deux aspects de la tourbière :

Une tourbière fermée, c'est une tourbière qui a « vieilli Une tourbière ouverte, c'est une tourbière « Jeune ». Il n'y a pas beaucoup d'arbre, le sol est très humide. On peut trouver la tourbe noire au-dessus. [12]

III.3.4 La composition physique de la tourbe [14], [15], [16], [17], [19].

La composition physique et chimique de la tourbe dépend de nombreux facteurs comme la nature de la végétation, le climat régional ; l'acidité de l'eau et le degré de digénèse, la tourbe (poids en cendre).

Tableau 5 : Comparaison de cinq types de houille avec le lignite et la tourbe

Produits	Teneur en carbone en(%)	Pouvoir calorifique en kJ/kg
Anthracite	93-97	33.500-34.900
Charbon maigre et houille anthraciteuse	90-93	34 .900-36.000
Charbon demi-gros ou semi-bitumineux	80-90	35.000-37.000
Charbon gros ou bitumineux à coke	75-90	32 .000-37.000
Flambant	70-90	32.700-34.000
Lignite	50-60	<25.110
Tourbe	<50	12.555

III.3.5 Composition et caractéristique [20], [21]

Les éléments constitutifs sont l'eau, les cendres et les matières volatiles

- Teneur en eau ; de la tourbe est gorgée d'eau de 80% à 90% dans son milieu naturel, sa densité varie de 0,9 à 1,3. On rencontre la tourbe à partir de 0,30m à 0,50m de l'affleurement superficielle selon région et la topographie du terrain.
- Teneur en cendre : elle est généralement très élevée variant entre 6 à 80% suivant la nature de leur genèse (Faciès) et sa pollution par le sable. On la distingue suivant leur teneur en cendre deux grandes catégories de faciès organique :
 - Les tourbes Franches dont la teneur en cendre total est inférieure à 40% à sec ;
 - Les tourbes sableuses dont leur teneur en cendre totale est supérieur à 40% à sec.

Tableau 6 : Composition de cendre de cendre dans la tourbe

Matière minérale	Pourcentage
SiO ₂	65%
Al ₂ O ₃	10%
FeO	14,5%
CaO	5%
SO ₃	1,4%
NaO	1%
KO	0,6%
MgO	1,4 %

On trouve de la silice, alumine, oxyde de fer, calcaire, Soufre, azote, oxyde de patagium et magnésium mais aussi des éléments en trace dans la tourbe dans certaine région de Madagascar comme le chlore, plombe, le canadium, l'Or et le mercure.

III.3.6 La qualité organique de la tourbe

- On entend par qualité organique (Pourcentage de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote, de soufre et des matières volatiles) ;
- Le pouvoir calorifique supérieur organique (PCSO)

Cette matière représente 40% à 60% du poids total sec selon la genèse.

Tableau 7 : Composition en pourcent de la tourbe

Matière organique	Pourcentage
Carbone	55%
Hydrogène	5,5%
Oxygène	30%
Azote	5,8%
Soufre	3,7%

Le taux des matières volatiles est environ 66%, Le pouvoir calorifique organique PCSO est compris entre 5300 et 6300 kcal/kg.

En conclusion, le taux de cendre de la tourbe est très élevé, ceci permet de mieux améliorer suivant son utilisation.

❖ **Caractéristique physique**

Densité : 0,83

❖ **Caractéristiques thermodynamiques**

Pouvoir calorifique supérieure : 2060 Kcal/kg

Pouvoir calorifique inférieure : 1730 Kcal/Kg

PARTIE 2.
ETUDES EXPERIMENTALES

CHAPITRE IV

ENQUETE POUR DETERMINER LES TYPES DECHETS

IV.1 Introduction globale

Nous avons mené des enquêtes pour déterminer le type de déchets agricole (dans la région de VAKINANKARATRA), Madagascar est un pays avec une superficie de 587295Km² et de 1600Km de longueur au nord-sud et de 570 Km de largeur. Ce tableau nous montre les régions que nous allons étudier

Tableau 8 : Type de déchet dans huit régions de Madagascar

Région	Superficie en km ²
VAKINANKARATRA	16.599
VATOVAVY FITOVINANY	19.605
MENABE	46.121
IHOROMBE	
AMORON'I MANIA	16.141
ATSIMO ANTSINANANA	18.863
ATSIMO ANDREFANA	66.236

Source : Auteur

IV.1.1 REGION VAKINANKARATRA

Il y a trois produits très dominant dans la région le riz, maïs et manioc, comme aliment de base pour le peuple malgache.

- Entre 2011-2014 la production riz de la région Vakinankaratra est de 600tonnes, et après deux ans il augmente jusqu'au 830 tonnes en 2016.

Pour le maïs, entre 2011-2014 la production de maïs est de 20 tonnes, or entre 2015 et 2016 il est diminué à 15 tonnes et enfin le produit du manioc entre 2011-2014 est de 160 tonnes, et après augmenté à 190 tonnes en 2016.

Tableau 9 : Situation du district, superficie et communes

Region	District	Superficie en km ²	Nombres des communes
Vakinankaratra	Ambatolampy	1709	18
	Antanifotsy	3425	12
	AntsirabeI	180	1
	AntsirabeII	2769	20
	Betafo	4607	18
	Faratsiho	2015	9
	Mandoto	4500	8
Totale	Septe District	19205	86

Source : Auteur

Tableau 10 : Produit agricole principal

District	Haricot		Mais		Manioc		Patate douce	
	Superficie cultivée en ha	Quantité de production en T	Superficie cultivée en Ha	Quantité de production en T	Superficie cultivée en Ha	Quantité de production en T	Superficie cultivée en Ha	Quantité de production en T
Ambatolampy	3506	4207	5013	17546	3955	23730	3874	23244
Mandoto	16	15	8370	9581	9286	39577	83	372
Betafo	5333	3555	9980	11219	5583	47429	633	4431
Faratsiho	2819	2255	4490	8756	2370	20200	3430	24010
Antanifotsy	3701	3330	14600	13232				
Antsirabe I	200	180	2400	4440				
AntsirabeII	3063	3063	14034	14034	1243	11187	2772	8316
TOTAL REGION	18638	16605	58887	78808	22437	142123	10792	60373

Source : Auteur

Tableau 11 : Produits agricoles dans la région Vakinankaratra

District	Arachide		Riz		orge		Soja	
	Superficie cultivée en ha	Quantité de production (T)	Superficie cultivée en ha	Quantité de production (T)	Superficie cultivée en ha	Quantité de production (T)	Superficie cultivée en ha	Quantité de production (T)
Ambatolampy			20860	70924			76	76
Mandoto	1859	2210	35614	113965			1031	1750
Betafo	2246	2021	20660	72310	252	1610	260	312
Faratsiho	163	308	13410	46935			950	1140
Antanifotsy			20327	71145			624	634
Antsirabe I			2565	10004	31	78	190	190
Antsirabe II			25658	94933			1052	2104
TOTAL REGION	4268	4539	139094	480234	283	1688	4183	6206

Source : Auteur

✓ **LA VALEUR TOTAL**

Tableau 12 : valeur totale des cultures autre que le riz

Nom de districts	Superficie	Production
ANTSIRABE I	3.159	7.194
ANTSIRABE II	26.740	54.301,5
MANDOTO	22.216	15.538
ANTANIFOTSY	22.550	30.220
AMBATOLAMPY	19.361	247.312
FARATSIHO	12.284	126.673
BETAFO	29.967,5	190.689,4
Totale	145.278	6.711.923

Source : Auteur

D'après l'enquête du 28 Février 2018 de Monsieur RATSIMBAZAFY Vonjariavelo Tolojanahary Martin, responsables fitopharmacie et contrôle de chômage et de pesticide ; presque toutes les déchets du cultivateur est mettent dans les ordures et donne pour les animaux domestique :

IV.1.2 REGION VATOVAVY FITOVINANY

Cadre physique

La région vatovavy fitovinany se trouve dans la partie Moyen Est de la Madagascar. Sa superficie est de 20.153km²et présente 31,41% de la superficie de Madagascar, elle est composée de six districts à savoir Mananjary, Nosy-varika, Ifanadiana, Manakara et Ikongo.

Activité Economique

-Agriculture : les éléments géographiques climatiques et Humaines se conjuguent pour faire de l'assemblage un panorama de région à paysages agraires différentes.

-Superficie cultivable : 788.568ha

-Superficie cultivée : 331.072ha (41,98%)

-Filière agricoles porteuses

Culture vivrière : riz, manioc, maïs, patate douce, haricot, pomme de terre, arachide, pois de terre et le taro

Culture rente : café, poivre, girofle.

Culture Industrielle : canne à sucre, cocotier, arachide.

Cultures fruitiers : banane, litchis, agrumes, ananas, mangue.

Cultures maraichers : tomate, choux, fleur, carotte.

Tableau 13 : estimation du produit vivrier (en tonne)

Culture	Anne		
	2016	2015	Moyenne 5ans (2011-2015)
Riz paddy	120 tonne	127tonne	130
Maïs	02 tonne	03tonne	04tonne
Manioc	190tonne	230tonne	270tonne

Tableau 14 : Tableaux de la production en 2014

	Evaluation par rapport à 2014		Observation
Production en hausse	Riz	+01,75%	Condition climatique favorable pour les produits vivriers pour le riz
	Maïs	+10,00 %	
	Manioc	+09,04%	
Production stable			
Production en baisse			

- Interprétation :

D'après le tableau, on observe que tous les produits sont en hausse et à cause de bonnes conditions climatiques et favorables pour les produits vivriers.

IV.1.3 REGION ATSIMO ANTSINANANA

La région Atsimo Antsinanana entre la période de (2011-2015) produit 30 tonnes de riz et en 2016 augmenté jusqu'à 60 tonnes/ Le rendement de produits de maïs est 3 tonnes et en 2016 diminue en 2 tonnes et en fin la culture vivrière manioc est 100 tonnes entre 2011 à 2015, diminue jusqu'à 70 tonnes à 2016.

Tableau 15 : estimations vivrières

Culture	Anne		
	2016	2015	Moyenne 5ans (2011-2015)
Riz	60tonne	45tonne	30tonne
Maïs	2tonne	2, 3tonne	3tonne
Manioc	80tonne	90tonne	100tonne

✓ **Faits saillants**

-Répartition très favorable à la culture de riz

-Augmentation de la production de 13,86 pour cent de même production de vanille et de girofle. Par contre pour les autres cultures vivrières aucun changement significatif n'a été signalé en ce qui concerne la production de maïs et manioc ainsi que la production du café

✓ **Facteur influençant le niveau de production**

-Pluviomètre et mise en place de culture :

Le pluviomètre est bon pour la culture

-Condition d'autre facteur.

Les techniques de cultures traditionnelles restent toujours persistantes, comme l'utilisation des bœufs et l'engrais chimique.

Superficie emblavées : Inchangée

Tableau 16 : Evaluation des produits

	Evaluation par rapport à 2014		Observation
	Produit en house	Riz	
Mais		00,00%	
Manioc		00 ,00%	
Produit stable			
Produit en baisse			

Interprétation

On observe que le rendement de riz a augmenté de plus de 16 ,86%.

IV.1.4 REGION ATSIMO ANDREFANA

La région Atsimo-Andrefana est la vingt-deuxième région de Madagascar. Elle est située dans la province de Tuléar, dans le sud-ouest de l'île.

Superficie : 66 236km²

Tableau 17 : Produit agricole

Culture	Anne		
	2016	2015	Moyenne 5ans (2011-2015)
Riz	120tonne	125tonne	160tonne
Mais	4tonne	6tonne	38tonne
Manioc	90tonne	160tonne	200tonne

- interprétation

Le produit agricole dans la région Atsimo Andrefana de Madagascar est très médiocre, parce que, elle fait face à plusieurs problèmes comme les catastrophes naturelles.

L'estimation des produits entre 2011-2015 sur la production de riz est de 160 tonnes mais pour l'année 2016 ; elle a diminué à 120 tonnes

Tableau 18 : Tableau de l'évaluation des produits

	Evaluation par apport à2014		Observation
	Produit en haute		
Produit stable			
Produit en basse	Riz	-37,86%	
	Mais	-52,45%	
	Manioc	-52,49%	

-Fait saillant

- La sécheresse et le passage des criquets dans certaines zones
- Diminution importante des produits vivriers soit plus de 50% de produits de maïs et de manioc, 37,86% de riz.
- Pluie très tardive, très faibles averses survenues entre novembre et décembre
- Ennemie des cultures : des attaques directes des criquets dans le district de Toliara et d'Ihorombe

IV.1.5 REGION D'IHOROMBE

Tableau des produits agricoles

Tableau 19 : Estimations des produits vivriers en tonne

Culture	Anne		
	2016	2015	Moyenne 5ans (2011-2015)
Riz	3 815 849	3 722 304	4 032 326
Mais	3 16 331	3 29 367	3 88 633
Manioc	2 629 478	2 676 952	3 124 876

Tableau : source CFSAM 2016

✓ Faits saillants

- Défaillance pluviométrique importante
- Diminution de près de 60% de produit de riz et de 15% de maïs
- Faiblesse de l'offre locale en denrées alimentaire et hausse de produits de consommations sur le marché surtout dans les zones reculées
- Décapitalisation significative des cheptels à cause de l'insécurité
- insuffisance de condition favorable à la culture

✓ Contribution des autres facteurs

- Par rapport à la précédente campagne l'accessibilité à l'intrant devient plus difficile du fait de la faiblesse du pouvoir d'achat des ménages et le prix élevé des produits
- Ennemi ; les dégâts engendrés par les insectes ou les maladies sont moins marquants, superficie emballée ; généralement en dimension
- culture de contre saison : aucune difficulté apparente, les perspectives de récolte sont bonnes.

IV.1.6 REGION MENABE

La région du Menabe est une région sud-ouest de Madagascar

Produit agricole

Tableau 20 : Estimation du produit vivrier en tonne

Culture	ANNEE		
	2016	2015	Moyenne 5ans (2011-2015)
Riz	50tonne	80 tonne	100tonne
Mais	5tonne	15tonne	19tonne
Manioc	19tonne	20tonne	24tonne

Interprétation :

D'après ce tableau tous les produits ont presque diminué de même pour le riz à -01,56%, ensuite pour le maïs 58,33% et enfin le produit de manioc -19,72%.

➤ Problèmes

- Arrivé tardive et insuffisance de pluie
- Passage des criquets
- Diminution des produits agricoles (Riz, Manioc, maïs)

Tableau 21: Evaluation des produits

	Evaluation par rapport à 2014		Observation
Produit en hausse			
Produit stable			
Produit en baisse	Riz	-01,56%	Diminution des produits agricoles.
	Mais	58,33%	
	Manioc	-19,72%	

- Interprétation

D'après le tableau, presque tous les produits ont diminué à cause du passage des criquets et de l'insuffisance des pluies.

IV.1.7 REGION AMORON'I MANIA

✓ PRODUIT AGRICOLE

Tableau 22 : Estimation des produits en tonne

Culture	ANNEE		
	2016	2015	Moyenne 5ans (2011-2015)
Riz	170tonne	150 tonne	100tonne
Mais	13tonne	17tonne	20tonne
Manioc	170tonne	170tonne	150tonne

✓ **Faits saillants**

D'après ce tableau, le produit a augmenté d'environ 18,49 grâce à une meilleure répartition des travaux

Tableau 23 : Estimation des produits en %

	Evaluation par rapport à 2014		OBSERVATION
Produit en hausse	Riz	+18,67%	Augmentation du riz
Produit stable	Manioc	00,47%	
Produit en baisse	Mais	-14,85%	

- Interprétation

Le produit de riz a augmenté de +18,67%, par contre le produit de maïs a diminué.

IV.1.8 REGION HAUTE MATSIATRA

✓ **Produit agricole**

Tableau 24 : Estimation des produits en tonne

Culture	ANNEE		
	2016	2015	Moyenne 5ans (2011-2015)
Riz	180tonne	120 tonne	280tonne
Mais	29tonne	32tonne	27tonne
Manioc	60tonne	620tonne	550tonne

D'après ce tableau, on constate que le produit de riz a diminué, car dans la période entre 2011 et 2015 le produit est de 280 tonnes, tandis que pour l'année 2016 il est de 180 tonnes et ensuite le produit de maïs et de manioc diminuent encore chaque année.

IV.2 Estimation des résidus agricoles à Madagascar

Madagascar est un pays riche en matière première des plusieurs variétés de produits agricoles et le produit exporte.

▪ **Le résidu paille**

Le paille est très important dans la vie pour le peuple malgache, car Madagascar est produise à 8 jusqu'à 13 million de tonne de pailles comme aliment pour les animaux, et production de l'électricité, nécessaire pour la construction de la maison ; toiture en paille de riz, et en plus, dans la région Cotes Est de Madagascar on utilise le ravinala pour faire la toiture maison.

Enfin le raphia est une source de devise pour les artisanats par ce que, la culture s'étend sur une surface de 50 000Ha répartie dans toute l'île et qui produit près de 3000 à 4 000 tonne par ans, dont 1 700 tonnes provenant de la région de Mahajanga. Antsiranana, quelque 1100 tonnes viennent de Fianarantsoa et Toliara, 400tonnes de Toamasina 200tonne pour Tananarive.

Tableau 25 : Tendence de la production rizicole des six dernières années (2003-2008)

Année	Superficie Rizicole (ha)	Production rizicole (tonnes)	Rendement moyen (tonnes/ha)
2003	1.219.350	2.800.000	2,30
2004	1.237.000	3.030.000	2,45
2005	1.250.092	3.392.460	2,71
2006	1.291.000	3.485.000	2,70
2007	1.350.000	3.886.900	2,87
2008	1.620.615	4.914.450	2,03

▪ **Le résidu de noix de coco**

Pour l'industrie malgache, surtout dans la région Sambava, la plantation de cocotier produit 12,411 million détonne de coco à partir de l'année entre 2010 jusqu'à nos jours, mais à cause de plusieurs cyclones successifs, il diminue

D'après le système statistique (SSN) à Madagascar les grandes entreprises utilisent jusqu'à 500tonne de noix de coco, mais l'offre m'arrive pas à satisfaire la demande sur le marché de noix de coco.

La grande société SOAVOANIO (SA) à Sambava a réussi à réaliser un bénéfice de 15million d'ariary en 2011.

Le prix d'une noix de coco est aujourd'hui de 400Ariary à Sambava. La société, soavoanio (SA) arrive à en produire 50 000tonne par jour pendant la session de grande récolte, en 2012, elle a produit 12,411 millions de noix de coco.

Le 50% de noix de bouche de notre production (directement aux vendus sur le marché local et sur le marché régional et international, il n'y a une forte demande non satisfaite, on remarque que, les noix qui ne sont pas directement vendues, sont destinées à la production de coprah.

Celui-ci vendu à un million d'Ariary la tonne, sert à la fabrication d'huile et d'autres produits alimentaires, et après l'extraction de coprah, les résidus sont utilisés comme combustible, fertilisant ou matière première dans l'artisanat. Plusieurs îles dans l'océan indien comme Maurice et Mayotte importent aujourd'hui cette semence de cocotiers hybrides de Sambava. Avec la grande superficie des côtes de Madagascar, il est évident que le pays peut se spécialiser dans la production de noix de coco et de coprahia

▪ **Le résidu écorce de café**

Le café joue un rôle important sur le plan économique de Madagascar, pourquoi ? Le pays Madagascar est produit avec 10750 tonne en 2007, 1950tonne en 2009 et 8800tonne en 2014. Depuis l'Anne 2006 le prix de kilogramme de café en grain devient de 4000Ar et maintenant jusqu'à 15000Ar. Ce prix est pratique dans la principale zone productrice de café « Robusta ». Malgré, la plupart des plaintes de café est détruit par le cyclone. L'estimation de la plante de café, environ 1à2 kg par pied donnant environ en rendement de 3à4 tonnes à l'hectare, contre 6à8 Kg par pied.

Du temps de la colonisation, depuis 1991, la détériorait est aggravée par le choix des plantules de café, de la remplace par du girofle ou la vanille « 70% de la culture de café sont rayés des habitudes de production »

Enfin le district Mananjary est le plus grand producteur de café à Madagascar.

Tableau 26 : Evolution de production du café

Année	En kg ou en tonne
1901	117kg
1904	6toT
1907	50T
2007	10750T
2009	1950T
2014	8800T

Interprétation

Le prix du café augmente par an car plusieurs pieds sont détruits à cause de la catastrophe naturelle.

CHAPITRE V

TRANSFORMATION ET CARACTERISATION

V.1 Introduction

On fait l'analyse pour connaître la caractéristique de certain résidu. Par exemple l'analyse granulométrie pour éviter la surproduction des fines, ensuite le pouvoir calorifique et l'amélioration des techniques de fabrication. Il est possible d'avoir un bon combustible par broyage, le mélangeage et le pressage.

V.1.1 Caractéristique de résidus

- **Les résidus coco**

Les bourres de la noix de coco sont probablement en combustible par ce qu'il a une forte teneur en carbone entre (40% à 50%) et (10% à 15%) teneur en eau. Il est constitué par le mésocarpe fibreux situé entre l'exocarpe coriace à la cuticule extérieure qui en fait parties, et la coque dure qui enveloppe l'albumen.

-Bourres de la noix de coco



Photo 5 : Résidus de coco

- **La Tourbe**

La tourbe c'est l'ensemble de matières organiques fossiles formes par l'accumulation sur de longues périodes, fort pouvoir calorifique entre 1000 à 1500 en Kcal/kg et de densité 0,83.

On l'utilise comme liant

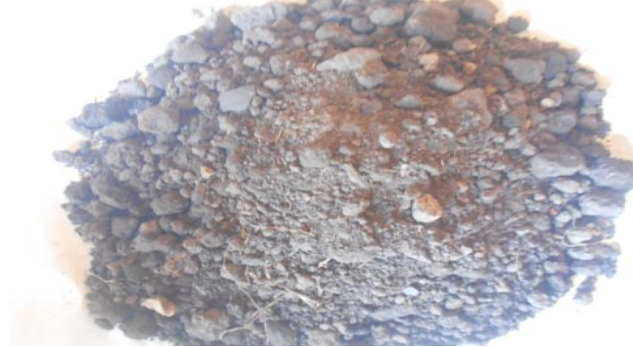


Photo 6 : Tourbe

- **Tige de maïs**

La tige de maïs c'est un sous-produit de la production de graine de maïs, elle peut être utilisée comme combustible tige sèche.



Photo 7 : Tige de maïs



Photo 8 : Tige de maïs après séchage

- **Coque de pois de terre**

C'est un sous-produit de la production de grain de pois de terre, comme la coque d'arachide, elle peut être utilisée comme combustible



Photo 9 : Coque de pois de terre

V.2 Procédé de transformation en biocombustible solide

V.2.1 Représentation du processus d'agglomération des résidus agroforestiers

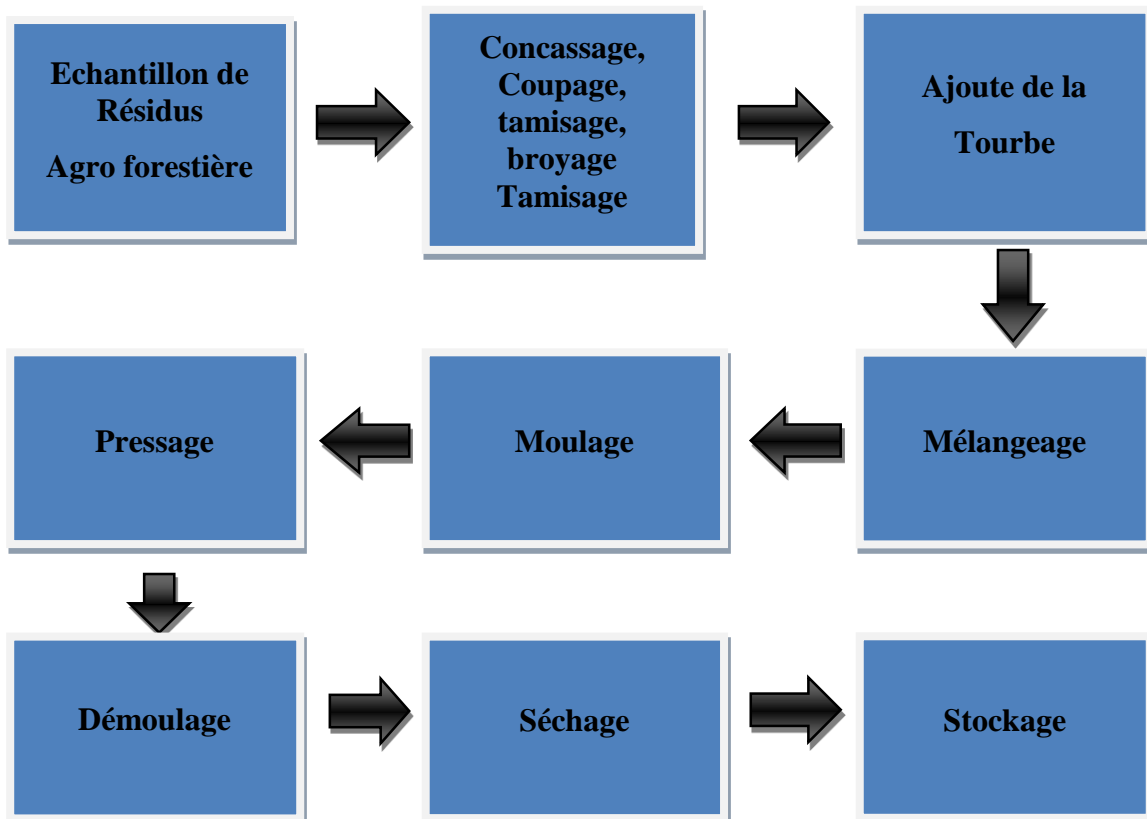


Figure 3 : Processus d'agglomération des résidus agroforestiers

V.2.2 Préparation des résidus agroforestiers

La préparation des résidus agroforestiers est une manière de valoriser les résidus dans les domaines domestique ou industriels. Après une collecte, les résidus agroforestiers subissent quelques traitements qui consistent à donner aux résidus une forme et une taille régulière, une meilleure présentation, un usage commode et une amélioration de sa capacité thermique par rapport à celle brute. Cette opération permet également d'optimiser la gestion des aires de stockage des produits finis ainsi que le transport. Les étapes du processus de mise en forme en brique des résidus agroforestiers sont : Concassage (coupage), le broyage, calibrage et le compactage

V.2.3 Préparation de l'échantillon

▪ Concassage

Le technique de concassage consiste à réduire les résidus qui ont des granulométries très variables afin de faciliter le broyage. Donc ; le but du coupage est de réduire les gros morceaux en des morceaux faciles à travailler.

Elle peut se faire manuellement à l'aide de couteaux comme dans notre cas.



Photo 10 : Ecorce de coco

Coupage de tige de maïs



Photo 11 : Tige de maïs

- **Broyage**

Pour avoir une petite dimension de grain on fait broyer les résidus. Concassage (dimension entre 0,3 et 0,2mm). Pour faciliter le comptage.



Photo 12 : Broyage de l'écorce de coco

- **Broyage de tige de maïs**



Photo 13 : Broyage de tige de maïs

- **Tamisage**

Pour éviter des confusions sur les résultats obtenus on fait un tamisage (tamis manuelle de 2mm) pour améliorer le compactage.

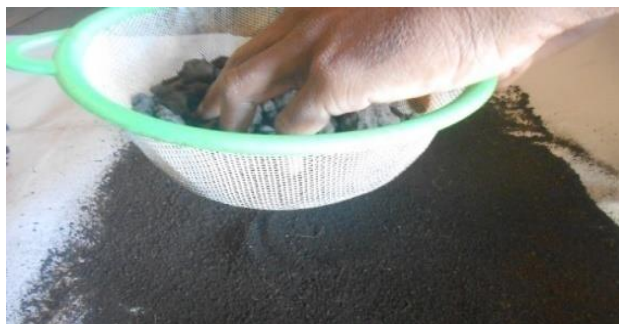


Photo 14 : Tamisage tourbe

V.2.4 Préparation des briquettes

- Formulation du dosage

Nous avons la composition suivante :

Tableau 27 : Dosage expérimentale

Dosage pondérale	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5
Tourbe	20	25	30	35	40
Résidus agroforestiers	60	40	70	65	60
Eau	20	15	10	10	10

Source : Auteur

- Pesage

Schéma de la balance électronique



Source : Auteur

photo 15 : Balance électronique

- **Mélangeage**

Le malaxage dure 2 à 3 minutes. (Eau, tourbe, noix de coco, tige de maïs, coque de pois de terre)

Schéma du malaxage



Source : Auteur

Photo 16 : Mélangeage

- **Moulage**

L'objectif du moulage est pour donner la forme utile

- **Pressage**

Pour renforcer le compactage des briquettes, on fait le pressage manuel



Source : Auteur

Photo 17 : Pressage

- **Démoulage**

On démoule doucement le briquette



Source : Auteur

Photo 18 : Démoulage

- ❖ **Remarque**

Pendant la réalisation expérimentale, on constate une fuite d'eau en bas de la paroi de la moule.

V.2.5 Caractérisation des produits finis

- **Produit finis**



Source : Auteur

Photo 19 : Briquettes combustible

- **Résultats du séchage à l'air libre**

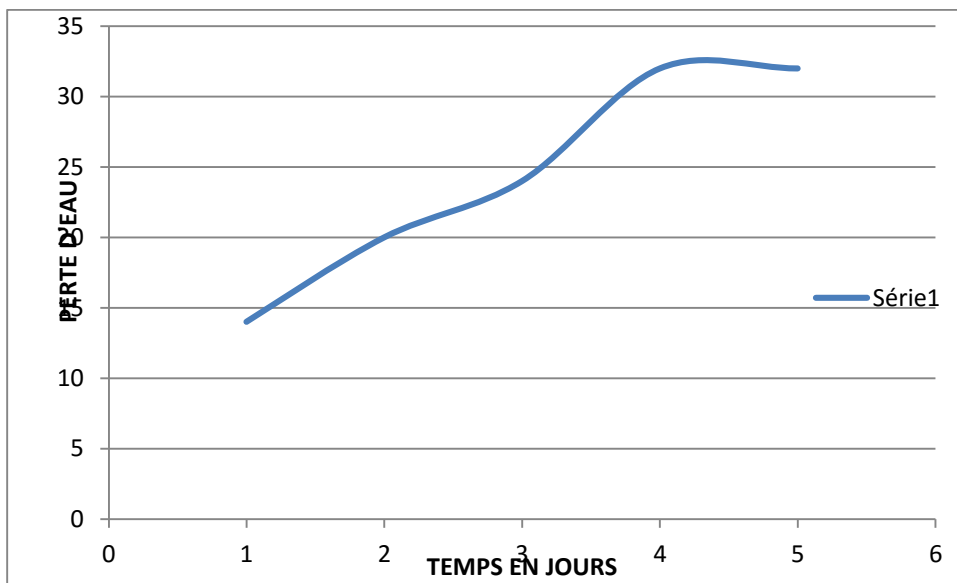
Le séchage est utilisé pour faire évaporer de l'eau

Tableau 28: Résultat du Séchage à l'air libre

Temps (jours)	0	1	2	3	4	5
Masse (g)	50	43	40	38	34	34
Perte d'eau (%)	0	14	20	24	32	32

Source : Auteur

Figure 4 : Courbe de séchage



Interprétation de la courbe de séchage :

Après cinq jours, on voit que la briquette est séchée.

V.2.6 Analyses physiques et chimique

- Masse volumique

La masse volumique d'un corps est le rapport de sa masse avec son volume.

Formule

$$a = \frac{m}{v}$$

Avec : m : Masse de l'échantillon

Or $v = \pi \cdot r^2 \cdot H$

- Humidité (H)

L'humidité c'est la méthode d'obtention de la partie en masse d'une prise d'essai avec l'échantillon après le chauffage par exemple ;(four entre 105 à 110°C) durant 1'heure, pour déterminer le taux d'humidité

$$H = \frac{100(m_2 - m_3)}{m_2 - m_1}$$

Avec : H = Humidité

m_1 = masse de récipient vide (propre et sec)

m_2 = Echantillon + masse de récipient

m_3 = masse de l'échantillon après séchage

- **Perte au feu**

900 °C jusqu'à 950°

Formule de la perte au feu (pf)

$$P_f = \frac{100(m_2 - m_3)}{m_2 - m_1}$$

Avec : Pf= perte au feu

m_1 = masse du récipient vide

m_2 = masse du récipient + échantillons

- **Matières volatiles**

Par exemple, on prend un échantillon ; m_1 , m_2 et après la masse après passage au four est nommé m_3 .

$$M_v = \frac{100(m_2 - m_3)}{m_2 - m_1} - H$$

Avec : m_v = matière volatiles

m_1 = masse du récipient vide

m_2 = m_1 + échantillon

m_3 = masse de l'échantillon en sortant du dessiccateur + m_1

H : Humidité

$m_2 - m_3$ = Perte

On détermine l'indice de matières volatiles en pourcent

$$I_{M_v} = \frac{M_v}{100 - H}$$

Avec I_{M_v} : Indice de matière volatil

M_v = matière volatiles

H : Humidité

- **Teneur en cendre**

Pour avoir la quantité de la cendre à la fabrication de combustible on va griller totalement

Voici la formule concernant le teneur en cendre :

$$T_C = \frac{100(m_3 - m_1)}{m_2 - m_1}$$

Avec Tc : Teneur en cendre,
m₁ : masse du récipient vide
m₂ : masse du récipient + échantillon.
m₃ : masse après sortie du

- **Teneur en carbone fixe**

Pour obtenir le teneur en carbone fixe, on fait le calcul direct :

$$C = 100 - (H + T_C + M_V)$$

Avec H : pourcentage d'humidité
Tc : pourcentage de cendres
Mv : matières volatiles.

- **Pouvoir calorifique**

Pendant la combustion, l'énergie calorifique est très importante avec l'utilisation d'un combustible, ont exprimée par :

- La chaleur de combustion ou pouvoir calorifique (PC).

D'après la pratique de l'essai du combustible, vola donc la formule de pouvoir calorifique.

$$PC = 80 (100 - \text{taux de cendre})$$

- **Teneur en soufre**

Pour pouvoir connaître le dosage du teneur en soufre, on utilise la méthode Eschka, par ce que, le soufre à des effets néfastes sur l'environnement.

$$T_c = \frac{100 \times m_2 \times 32}{m_1 \times 33}$$

m_1 = masse de l'échantillon

m_2 = masse de sulfate de baryum précipité-

Tableau 29 : Résultat d'analyse physique-chimique

Nom	H	A	Pf	Mv	I _{Mv}	Tc	C	PC
Briquettes combustible	48,75	0,71	3,92	47,78	0,93	3,92	0,92	7 120Kcal/kg

Source : Auteur

- Calcul du coefficient d'équivalence entre les briquettes et le charbon de bois

Pour connaître les consommations spécifiques entre les briquettes et le charbon de bois, d'après notre résultat, on choisit l'échantillon 3, dans ce cas nous utiliserons la balance électronique pour peser le 300g des briquettes et 300g de charbon de bois pour pouvoir comparer l'énergie calorifique entre les deux.

Tableau 30 : Comparaison des briquettes et charbon de bois

Temps	Briquette	Charbon de bois
Commence à 11h 31mn	11h 31mn-13h 05mn	11h 31mn – 13h 58mn
Masse d'eau utilise	2Litre	2litre
Poids du combustible consomme	300g	460g
Poids du « TSIASISA »	500g	500g

Source : Auteur

Interprétation

D'après l'expérience, on ne constate que l'utilisation de briquettes avantageuses par rapport au charbon de bois.

Photo 20 : Schémas d'expériences



Source : Auteur



Source : Auteur

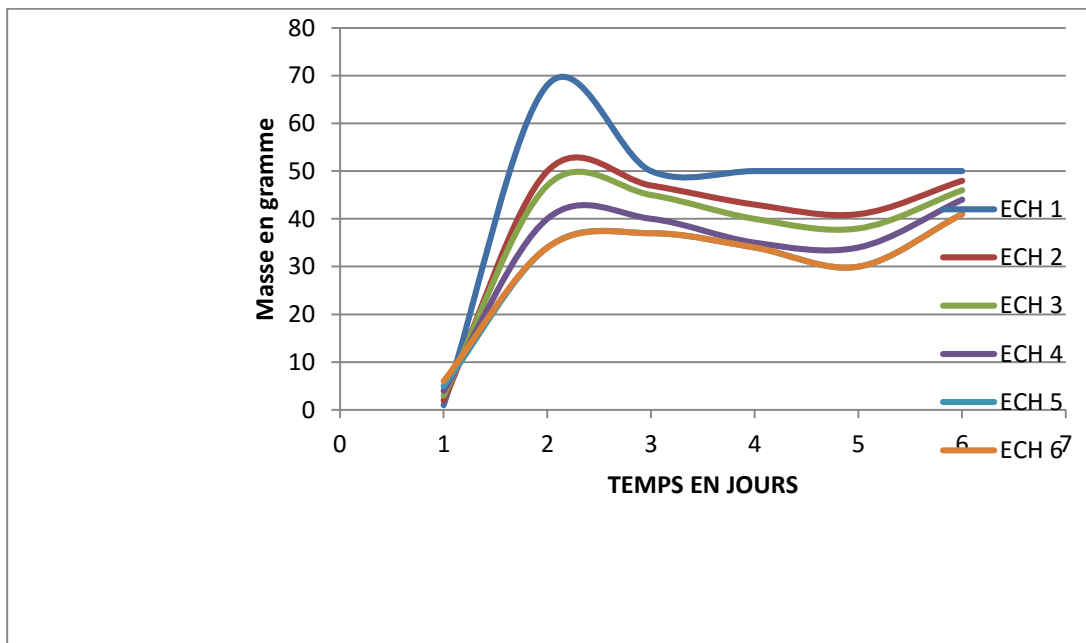
Tableau 31 : Séchage de briquettes à l'aire libre

Temps (jours)	Ech I En (g)	Ech II En (g)	Ech III En (g)	Ech IV En (g)	Ech V En (g)
1	68	50	50	50	50
2	50	47	43	41	48
3	47	45	40	38	46
4	40	40	35	34	44
5	34	37	34	30	41
6	34	37	34	30	41

Source : Auteur

LES COURBES DE SECHAGE

Figure 5 : Courbes de séchage des briquettes



Source : Auteur

CONCLUSION GENERALE

Pour conclure, on peut dire que la valorisation du déchet agroforestier est très utile pour le développement d'un pays, pour éviter la destruction des forêts comme le charbon de bois et les feux de brousse qui provoquent le changement climatique, l'utilisation de produit combustible solide est plus bénéfique par rapport aux charbons de bois.

Pendant l'étude expérimentale on a vu que le produit fabriqué à partir de la tourbe et la noix de coco a un pouvoir calorifique élevé et les tiges de maïs jouent un rôle facilitateur à l'allumage du feu mais dégagent plus de fumées.

En fin la combustion du charbon de bois dure longtemps.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

- [1] Docteur RANDRIANAVELO Frédéric, cours 3^{em} Année Combustion et combustible
- [2] Document réalise par Madame RAFEHIFANDAMINANA Innocente, maitre assistante
- [3] RANDRANJA Heriniaina : Valorisation de la tourbe de la plaine d'Antananarivo, Mémoire MINES en 1987.
- [4] Document réalise par Docteur RANDRIANAVELO Frédéric
- [5] Dictionnaire encyclopédique Webster 1975.
- [6] [http ; //m. boulique. Afnor. org/reuil/Biocombustible solide.](http://m.boulique.afnor.org/reuil/Biocombustible_solide)
- [7] Sylvier « Biocombustible solide » Création 07/05/2008
- [8] [http//fr.m.wikipedia.org/wiki/tourbe](http://fr.m.wikipedia.org/wiki/tourbe)
- [9] www.ple-tourbiers.org/article/comm
- [10] RAHARIVONY Louissette : valorisation de la tourbe du plaine d'Antananarivo, Mémoire mines 1987.
- [11] www.frasne.net/tourbe-divers
- [12] RANDRIAMAHAHATANA Dimisoa
- [13] Document réalise dans le cadre du programme réseau SAGNE de Midi-Pyrénées Anne : 2006
- [20], [21] RAMAHENINTSOA Faniriniaina Christophe : Amélioration du matériau tourbe sous forme de combustible à usage Mixte.
- [15] [19], [WWW. Énergie renouvelable. Fr/ biomasse. Php](http://www.energie-renouvelable.fr/biomasse.php)
- [16] [WWW. Pennons pour. Hus /Biomass/g](http://www.pennons-pour.hus/biomass/g)
- [17] [WWW. Onfra.gove. on ca/French/ ingénieur/Fact/](http://www.onfra.gove.on.ca/French/ingenieur/Fact/)
- [18] [https:// Fr. m. Wikipedia. Org// Tourbe](https://fr.m.wikipedia.org/Tourbe)

ANNEXES

ANNEXE I

Tableau 32 : Tableau de récapitulation de tout l'échantillon

	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5	Unité
H	44	26	15	32	20	En (%)
Pf	108	10,7	104	105	105,21	En (g)
IM_v	1,14	1,09	1,04	1,07	1,09	En (%)
T_c	8,69	7,82	4,78	5,65	5,21	En (%)
C_f	16,68	14,82	8,78	10,65	8,42	En (%)
PC	6400	6560	7120	6960	7040	Kcal/kg
(a)	0,53	0,68	0,57	0,56	0,67	En (%)
M_v	64	81	89	73	74,21	

Source : Auteur

ANNEXE II

LES MATERIELS D'AGGLOMERATION

✓ **BALANCE**

Le balance électronique est une matérielle utilise au pesage des produits pendant les expériences. Pour pouvoir connaître le poids de chaque plusieurs échantillons

✓ **Moule**

Le moule pour utilise pour la fabrication des résidus agroforestière est un moule en plastique forme tube rond de 10 Cm et de diamètre 4,8 Cm pour le démoulage pour donne la forme qu'on besoin pour facilite le pressage.

✓ **Presse**

C'est une presse de système manuelle et très rigide comme le piston cylindrique.

✓ **Brique**

La brique finie dépend du moule utilise, dans notre cas, on utilise le moule en forme tube rond de diamètre 4,8 et 10 Cm de long.

TABLES DES MATIERS

REMERCIEMENTS.....	i
SOMMAIRE.....	ii
LISTE DES FIGURE.....	iii
LISTE DE PHOTOS.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES ABREVIATIONS.....	vii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I.....	3
COMBUSTIBLE ET COMBUSTION.....	3
I.1 COMBUSTIBLE [1].....	3
<i>I.1.1 Définition.....</i>	3
<i>I.1.2 Types.....</i>	3
I.2 COMBUSTION et CALCUL DE COMBUSTION.....	8
<i>I.2.1 Définition.....</i>	8
<i>I.2.2 Produit de la combustion.....</i>	8
<i>I.2.3 Combustion des combustibles liquide-solide.....</i>	10
<i>I.2.4 Combustion des combustibles gazeux.....</i>	10
BIOCOMBUSTIBLE.....	13
II.1 Généralité sur la biomasse [2], [3].....	13
<i>II.1.1 Définition.....</i>	13
<i>II.1.2 Origine de la biomasse.....</i>	14
<i>II.1.3 Caractéristique énergétique de la biomasse [5].....</i>	14
<i>II.1.4 Les différents types de la biomasse.....</i>	15
<i>II.1.5 Valorisation de la biomasse.....</i>	15
<i>II.1.6 Les avantages de la biomasse.....</i>	16
<i>II.1.7 Les inconvénients de la biomasse.....</i>	16
II.2 BIOCOMBUSTIBLES SOLIDES.....	16
<i>II.2.1 Définition.....</i>	16
<i>II.2.2 Les principaux biocombustibles solides.....</i>	16

CHAPITRE III	19
LA TOURBE ET LEUR PROPRIETES DE COMBUSTION	19
III.1 Définition [8]	19
III.2 Formation de la tourbe [9].....	19
III.3 La tourbière	19
<i>III.3.1 Définition.....</i>	<i>19</i>
<i>III.3.2 Formation et les conditions nécessaires [10]</i>	<i>19</i>
<i>III.3.3 Les aspects de la tourbière [11]</i>	<i>20</i>
<i>III.3.4 La composition physique de la tourbe [14], [15], [16], [17], [19]......</i>	<i>20</i>
<i>III.3.5 Composition et caractéristique [20], [21]</i>	<i>21</i>
<i>III.3.6 La qualité organique de la tourbe</i>	<i>21</i>
CHAPITRE IV	24
ENQUETE POUR DETERMINER LES TYPES DECHETS.....	24
IV.1 Introduction globale	24
<i>IV.1.1 REGION VAKINANKARATRA</i>	<i>24</i>
<i>IV.1.2 REGION VATOVAVY FITOVINANY.....</i>	<i>27</i>
<i>IV.1.3 REGION ATSIMO ANTSINANANA.....</i>	<i>28</i>
<i>IV.1.4 REGION ATSIMO ANDREFANA.....</i>	<i>29</i>
<i>IV.1.5 REGION D’IHOROMBE</i>	<i>30</i>
<i>IV.1.6 REGION MENABE</i>	<i>31</i>
<i>IV.1.7 REGION AMORON’I MANIA.....</i>	<i>31</i>
<i>IV.1.8 REGION HAUTE MATSIATRA.....</i>	<i>32</i>
IV.2 Estimation des résidus agricoles à Madagascar.....	32
CHAPITRE V	35
TRANSFORMATION ET CARACTERISATION	35
V.1 Introduction.....	35
<i>V.1.1 Caractéristique de résidus.....</i>	<i>35</i>
V.2 Procédé de transformation en biocombustible solide	37
<i>V.2.1 Représentation du processus d’agglomération des résidus agroforesteries.....</i>	<i>37</i>
<i>V.2.2 Préparation des résidus agroforestiers</i>	<i>38</i>

<i>V.2.3 Préparation de l'échantillon</i>	38
<i>V.2.4 Préparation des briquettes</i>	40
<i>V.2.5 Caractérisation des produits finis</i>	42
<i>V.2.6 Analyses physiques et chimique</i>	44
BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE	I
ANNEXES	II
TABLES DES MATIERS	IV

TITRE:
VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS
AGROFORESTIERS (COMBUSTIBLE SOLIDES)



Nombre de pages: 49

Nombre de figure: 5

Nombre de photos: 20

Nombre tableaux: 32

Présente par: RAFANOMEZANTSOA Charles jaona Roseltot

RESSUME

Le contenu du travail est la valorisation de déchets agroforestiers en biocombustible solide. D'après la recherche, l'essai N° 3 (30% Tourbe et 70% de résidus agroforestiers et 10% d'eau a une forte pouvoir calorifique).

L'objectif de ce projet est d'obtenir la source d'énergie à moindre cout pour tous.

Mots clés : Combustibles, tourbe, résidu agroforestier, briquettes.

ABSTRACT

The content of the work is the valorization of agroforestry waste into solid fuel.

According to research, test N°3 (30% peat and 70% agrofoor residue and 10% water) to have high calorific value.

Key words: fuels, peats, agroforestry residues, briquettes.

Encadreur: Dr RANDRIANARIVELO Frédéric

Cordonnées de l'auteur:

Adresse : Miaramasoandro ANTSIRABE

TEL : +261336324611/ +261344556707