



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/14048
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/14048>



RESEARCH ARTICLE

ETUDE DES POSSIBILITÉS DE MISE AU POINT D'UN COMBUSTIBLE À BASE DE DÉCHETS AGRICOLAS : CAS DE LA LITIÈRE DE FILAO

Alassane Diene¹, Mamadou Sow¹, Mouhamadou Thiam¹, Baba Ngom¹, Mamadou Wade¹ and Gregoire Sissoko²

1. Laboratoire Des Sciences Et Techniques De l'Eau Et De l'Environnement (LaSTEE), Ecole Polytechnique De Thiès.
2. Laboratory of Semiconductors and Solar Energy, Physics Department, Faculty of Science and Technology, University Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 10 November 2021
Final Accepted: 14 December 2021
Published: January 2022

Key words:-

Combustible, Litière De Filao, Liants, Pouvoir Calorifique Inferieur, Bio Charbon

Abstract

L'objectif de cette étude est une valorisation énergétique de la litière de filao par le biais de la production de combustible en vue de le substituer au bois de chauffe. Nous avons fait la caractérisation physicochimique de la litière de filao et déterminer les pouvoirs calorifiques inférieurs avant et après carbonisation en utilisant différents liants : la mélasse, l'amidon, les feuilles de baobab et la farine. Les résultats obtenus montrent l'influence des liants sur la variation du PCI et ce dernier est supérieur à celui du bois de chauffe. Des briquettes ont été réalisées après carbonisation de la litière de filao avec comme liants la mélasse et l'amidon. Nous avons noté que le PCI du bio charbon est supérieur au précédent. Des essais de compression ont été faits pour appréhender la résistance des briquettes pour chaque pourcentage de liant. Cela nous a permis de choisir la mélasse comme liant avec une proportion de 20 % présentant un pouvoir calorifique de 25427,8KJ/kg et une meilleure résistance.

Copy Right, IJAR, 2022., All rights reserved.

Introduction:-

La zone des Niayes où se concentre l'essentiel des activités horticoles du pays, avec environ 80 % de la production maraîchère ([5][6][7]) est l'un des écosystèmes les plus exposés à l'insalubrité. Selon beaucoup d'auteurs, elle est confrontée à une forte dégradation de ses ressources naturelles : baisse significative de la fertilité des sols, degré de salinité élevé, ensablement des cuvettes maraîchères et pollution chimique des sols ([9][10][11]).

Au Sénégal le filao est planté depuis 1948 sur le Littoral Nord pour fixer les dunes côtières et empêcher leur progression vers l'intérieur où elles menacent la zone maraîchère des Niayes. Actuellement ces plantations forment une bande continue entre Dakar et St Louis, longue de 180 km sur 300 à 400 m de largeur. Plantées entre 1948 et 1992, leur âge varie donc de 1 à 44 ans ([12][13]). Nous avons dans la zone une quantité de litière gisant au sol estimée à 8 tonnes à l'hectare empêchant sa régénération pouvant même être la cause des feux de brousse.

La valorisation de la litière de filao dans la production de combustible serait une alternative pour la diminution de l'impact de ces déchets sur l'environnement et permettrait aux femmes de ne plus faire des kilomètres pour aller chercher du bois de chauffe.

Corresponding Author:- Alassane Diene

Address:- Laboratoire Des Sciences Et Techniques De l'Eau Et De l'Environnement (LaSTEE), Ecole Polytechnique De Thiès.

L'objectif général de cette étude est la valorisation de la litière de filao en produisant un combustible pour se substituer au charbon de bois en utilisant des liants comme la mélasse, l'amidon, les feuilles de baobab et la farine. Ce projet va permettre de créer de l'emploi, lutter contre la déforestation, minimiser la pénibilité des travaux domestiques, et protéger l'écosystème.

Matériels Et Méthodes:-

Le dispositif expérimental est composé de :

1. Une bombe calorimétrique qui permet de mesurer le pouvoir calorifique
2. Une étuve
3. Une balance électronique d'une précision de 1/10 000
4. Un carbonisateur
5. Une machine de compression
6. Une presse pour confectionner les briquettes
7. Un Spectrophotomètre AI-800
8. Un Thermo-réacteur,
9. Un dessiccateur
10. Des béchers,
11. Des erlenmeyers,
12. Des entonnoirs,
13. Des cuvettes,
14. Des pipettes
15. Des capsules.





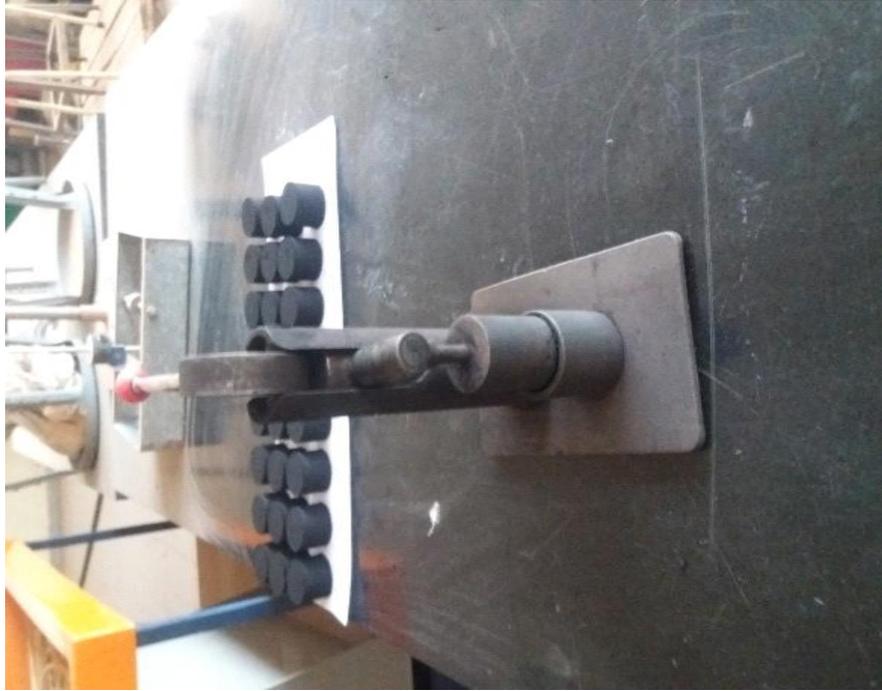




Figure 1:- Dispositive experimental.

Matières Sèches Totales (MST)

Un échantillon de substrat de masse connue est séché à l'étuve à 105 °C jusqu'à ce qu'elle soit constante (généralement 24 heures suffisent) dans un creuset taré, refroidi au dessiccateur et pesé. Les matières sèches ainsi obtenues serviront, le cas échéant, à la détermination de la teneur en matières minérales et organiques, selon la technique décrite ci-après.

Dosage de la demande chimique en organique DCO

Le principe de la mesure de la DCO repose sur l'oxydation de la matière organique par un excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu fortement acide (H_2). Elle permet d'évaluer la charge polluante d'effluents liquides peu concentrés.

Nous avons utilisé pour ce faire des kits de mesures commercialisés par la société Hach. Ces kits se composent de tubes contenant les réactifs avec les quantités souhaitées ; ils permettent de doser la DCO dans une gamme fixée. Nous avons utilisé des tubes pour une gamme allant de 0 à 1500 et 0 à 15000 mg DCO/L. Il est nécessaire de diluer les échantillons pour rester dans cette plage de valeurs. Un volume de 2 ml de l'échantillon dilué est introduit dans un tube, et après 2 h de chauffage à 150°C, la DCO est déterminée par la mesure de l'absorption à 620 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Dans notre cas, l'effluent était dilué d'un facteur 10, alors que la sortie n'était pas diluée. La mesure était effectuée en duplicates.

Carbone organique total

Le carbone organique total (COT) c'est le carbone contenu dans la matière organique (résidu de matière vivante animale ou végétale). Le COT est déterminé par la méthode photométrique selon la norme DIN EN1484 au moyen d'un test en cuvette commercialisé par MERCK Spectroquant ®. Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation

des substances organiques à 120 °C, au moyen d'un agent oxydant chimique. Le CO₂ formé lors de l'oxydation est piégé dans un indicateur, après passage par une membrane perméable aux gaz, et mesuré par photométrie infrarouge. Le carbone inorganique est préalablement expulsé. Le COT est donné en mg/L.

Dosage de l'azote organique

Les formes azotées majoritaires sont : l'azote organique et l'azote ammoniacal sous d'ammonium NH₄⁺ et d'ammoniac NH₃. La méthode de Kjeldhal est applicable pour le dosage de l'azote de différents composés azotés, mais ne permet pas le dosage direct des nitrites et des nitrates.

Dosage de l'azote kjeldhal

Pour doser l'azote total de l'échantillon, la méthode photométrique a été utilisée à l'aide du spectrophotomètre AL800 et des tests en cuve AQUALYTIC. La matière organique subit une minéralisation au persulfate à 100°C pendant 30 minutes : le carbone s'élimine sous forme de CO₂, l'hydrogène sous forme de H₂O et l'azote reste en solution sous forme de NH₄⁺. Après refroidissement et alcalinisation, l'ammonium passe sous forme d'ammoniac qui est ensuite dosé par colorimétrie.

Dosage de l'azote ammoniacal

Le dosage de l'azote ammoniacal est effectué avec la méthode photométrique de la même façon que l'azote total, sans l'étape de minéralisation. L'azote ammoniacal est mesuré

Sur la fraction soluble.

L'azote organique se calcule par différence entre l'azote total et l'azote ammoniacal.

Pouvoir calorifique

Il a été aussi broyé et conservé dans un sachet en plastique et nous avons procédé à des pesées des échantillons de 20 g de litière de filao broyée que nous avons mélangé avec un liant à des proportions différentes, parmi les liants nous avons choisi la mélasse, la farine de blé, l'amidon, et les feuilles de baobab.

Les feuilles de baobab sont mélangées avec de l'eau tiède jusqu'à ce qu'on obtienne un mélange visqueux tandis que pour l'amidon et la farine nous étions obligé de chauffer l'eau afin d'obtenir un mélange visqueux. Les proportions sont consignées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1:- Quantité d'eau utilisée sur les liants.

Type de liant	Feuilles de baobab	Amidon	Farine
Quantité du liant(kg)	62,5	62,5	62,5
Quantité d'eau (ml)	300	350	400

La masse de la litière de filao et le pourcentage de liant dans le mélange sont représentés dans les tableaux suivants.

Tableau 2:- Les proportions de la mélasse sur la litière de filao.

Litière de filao (g)		Mélasse (g)	
Masse	%	Masse	%
19,0003	95%	1,0537	5%
18,0011	90%	2,045	10%
17,0005	85%	3,0345	15%
16,0006	80%	4,0835	20%
15,0006	74%	5,3359	26%

Tableau 3:- Les proportions des feuilles de baobab sur la litière de filao.

Litière de filao (g)		Feuille de baobab(g)	
Masse	%	Masse	%
19,0014	95%	1,0211	5%
18,0013	90%	2,0799	10%
17,0011	84%	3,2322	16%
16,0005	80%	4,0099	20%

Tableau 4:- Les proportions de l'amidon sur la litière de filao.

Litière de filao (g)		Amidon (g)	
Masse	%	Masse	%
19,0009	95%	1,1045	5%
18	90%	2,0161	10%
17,0005	85%	2,9995	15%
16,0006	80%	4,1094	20%
15,0009	75%	4,9991	25%

Tableau 5:- Proportions de la farine sur la litière de filao.

Litière de filao (g)		Farine(g)	
Masse	%	Masse	%
19,002	95%	1,028	5%
18	90%	2,04	10%
17,0011	84%	3,1589	16%
16	79%	4,15	21%

Dans cette étape il est important de respecter les proportions de la litière de filao et des liants ensuite faire de telle sorte que le mélange soit homogène avant d'être séché.

Pouvoir calorifique

Pour déterminer le pouvoir calorifique nous avons

Placer 1 ml d'eau dans le fond de la bombe (avec une pipette) puis couper 10 cm de fil de fer et l'installer aux électrodes en plaçant le capsule contenant l'échantillon dans l'œillet-support et plier de façon à ce qu'il touche suffisamment la surface de l'échantillon. Glisser délicatement la tête dans la bombe. Fermer le contrôle de la valve. Ouvrir la valve de remplissage et remplir jusqu'à ce que la lecture sur le manomètre atteigne la pression désirée entre 25 et 30 ATM et fermer la valve de contrôle.

Remplir la cuvette métallique avec 2000 ml d'eau mesurée avec pression et la placée dans la jaquette adiabatique avant d'y placer la bombe ensuite placer les fils au contact d'allumage et tout doit être fait délicatement. Placer le couvercle du calorimètre et vérifier si l'agitateur tourne facilement et attacher la courroie d'entraînement.

Mettre le moteur en marche et laisser fonctionner l'agitateur pendant 5 mn pour atteindre l'équilibre thermique. Presser le bouton "ignition" pour enflammer la charge en faisant partir le chronomètre et au bout de 20 secondes on remarque que la température commence à monter.

Le pouvoir calorifique de l'échantillon est calculé par l'équation suivante:

P.C : pouvoir calorifique de l'échantillon (kJ/kg);

T_f : température finale maximale de l'eau dans le réservoir après la mise en feu ($^{\circ}\text{C}$);

T_i : température initiale de l'eau dans le réservoir avant la mise en feu ($^{\circ}\text{C}$);

W: capacité calorifique du calorimètre [constante de l'appareil déterminée avec de l'acide benzoïque (kJ/ $^{\circ}\text{C}$)];

H_H : pouvoir calorifique de l'huile minérale (kJ/kg);

b: poids de l'échantillon;

a: longueur du fil.

Échantillons des litières de filao

Le tableau 7 représente le résultat des différents essais faits au niveau de la bombe calorimétrique.

Tableau 7:- Résultat des essais.

Essai 1		Essai 2		Essai 3	
Masse = 1,0010		Masse = 1,0014g		Masse = 0,5695g	
Longueur restante = 2,8 cm		Longueur restante = 1,70 cm		Longueur restante = 6,7 cm	
Masse du résidu restant M = 0,0292g		Masse du résidu restant M = 0,0505g		Masse du résidu restant M = 0,02963g	
Temps mn	Température	Temps mn	Température	Temps	Température

0	22,24	0	23,92	0	24,36
1	22,24	1	23,94	1	24,38
2	22,24	2	23,94	2	24,38
3	22,24	3	23,94	3	24,38
4	22,24	4	23,94	4	24,38
5	22,24	5	23,94	5	24,38
5,5	22,58	5,5	24,18	5,5	24,58
5,75	22,94	5,75	24,56	5,75	24,80
6,00	23,10	6	24,92	6	24,96
6,25	23,40	6,25	25,16	6,25	25,06
6,5	23,52	6,5	25,30	6,5	25,16
6,75	23,56	6,75	25,42	6,75	25,23
7,00	23,60	7	25,52	7	25,28
8,00	23,68	8	25,62	8	25,38
9,00	23,84	9	25,78	9	25,44
10,00	24,00	10	25,83	10	25,46
11,00	24,06	11	25,84	11	25,46
12,00	24,06	12	25,84	12	25,46

Les figures 2 ,3 et 4 représentent les courbes de variation de la température en fonction du temps pour les différents essais réalisés avec la bombe calorimétrique.

Figure 2:- Variation de la température lors de la combustion : essai 1

Figure 3:- Variation de la température lors de la combustion : essai

Figure 4:- Variation de la température lors de la combustion : essai 3

Le tableau n7 Bis : Résultats des différents tests de PCI

ESSAIS	Pouvoir calorifique inférieur
ESSAI 1	5042.87 Kcal/kg
ESSAI 2	5380.24 Kcal/kg
ESSAI3	5302.03 Kcal/kg
MOYENNE	5241,7Kcal/kg 21946,5KJ/kg

Carbonisation

La carbonisation permet de faire passer les déchets de litière de l'état de biomasse à l'état de poudre de carbone. Cette étape se fait dans un four métallique constitué d'un cylindre, d'un couvercle et d'une cheminée. Le cylindre est posé sur trois pieds pour le soulever de quelques centimètres et le carbonisateur est ainsi rempli jusqu'à ras-bord pour atteindre une charge de 2 à 3 kg ainsi le carbonisateur peut être allumé par le chapeau. La carbonisation dure environ 20 à 30 minutes.

Afin de préparer leur mise en forme en briquettes de charbon, la matière carbonisée est broyée avec un mortier/pilon et tamisée avec un tamis qui a une ouverture de 0,315mm avant de la mélanger avec un liant. La masse de la matière carbonisée et les pourcentages de liants dans le mélange sont représentés dans les tableaux suivants.

Tableau 8:- Les proportions de la mélasse sur le bio charbon.

Bio charbon (g)		Mélasse (g)	
Masse	%	Masse	%
171	95%	9,11	5%
162	90%	18,24	10%
127,5	85%	22,6	15%
120	80%	30,42	20%

Tableau 9:-Les proportions de l'amidon sur le bio charbon.

Bio charbon (g)		Amidon (g)	
Masse	%	Masse	%
171	95%	9,11	5%
162	90%	18,24	10%
127,5	85%	22,6	15%
120	80%	30,42	20%

Le briquetage permet de mettre en forme le mélange de la matière carbonisée et de liant. La méthode utilisée suit le principe d'une presse manuelle où on exerce une forte pression sur un levier et inversement générer une force sur le moule avec une forme que nous voulons donner au charbon. Et les briquettes devraient être sèches.

Les briquettes ont subi des efforts de compression afin de voir les charges qu'elles peuvent supporter.

1. Résultats et discussions

2. Caractérisation physicochimique

Tableau 10:-Caractérisation de la litière.

Matière sèche %	84,2
Humidité %	15,8
Carbone organique total COT (en g/Kg)	66,547
Demande chimique organique DCO (en g/Kg)	64,448
Azote total (en g/Kg)	5,995
Ammoniac (en g/Kg)	0,619
Azote organique (en g/Kg)	5,376
C/N (rapport carbone/azote)	12,38
Potassium (en g/Kg)	0,719
Phosphate (en g/Kg)	0,539
Fer (en g/Kg)	0,084
Chlorure (en g/Kg)	Trace
Sulfate (en g/Kg)	Trace
Pouvoirs calorifiques en (KJ/Kg)	21946,5

Avant carbonisation

Nous avons pu déterminer les PCI de la litière en utilisant comme liant la mélasse, l'amidon les feuilles de baobab et la farine.

Matière sèche

Tableau 11:- Caractéristique de la teneur en matière sèche et en eau des mélanges de litière et des liants.

Proportions	Mélasse		Amidon		Feuilles de baobab		Farine	
	M.S en %	H en %	M.S en %	H en %	M.S en %	H en %	M.S en %	H en %
5%	89,27	10,73	87,09	12,91	86,29	13,71	85,88	14,12
10%	88,82	11,18	83,54	16,46	84,68	15,32	82,36	17,64
15%	88,42	11,58	79,93	20,07	81,6	18,4	78,76	21,24
20%	88,22	11,78	76,4	23,6	78,5	21,5	74,69	25,31
25%	86,36	13,64	72,53	27,47	72,94	27,06	71,22	28,78

On constate que le % de la M.S. évolue de manière décroissante en fonction du pourcentage de liant contrairement au pourcentage d'humidité qui croit.

PCI

Le PCI du mélange litière et mélasse

Le tableau 9 représente les pouvoirs calorifiques de la litière de filao en fonction du pourcentage de mélasse.

Tableau 9:- Pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage de mélasse.

PC (kJ/kg)	22083,3	21026,4	20785,2	20781,0	20523,5
------------	---------	---------	---------	---------	---------

% Liant	5%	10%	15%	20%	25%
---------	----	-----	-----	-----	-----

La figure 2 représente l'évolution du pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage de liant qui varie de 5% à 25 % avec pas de 5 %. Nous remarquons que le pouvoir calorifique évolue de manière décroissante en fonction du pourcentage de mélasse, plus le pourcentage de liant diminue, plus le pouvoir calorifique augmente. Les valeurs des pouvoirs calorifiques de la litière de filao sont élevées comparées au pouvoir calorifique du bois (témoin) qui est de 20000 kJ/kg mais il est inférieur au charbon de bois.

Figure 2:- évolution du pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage de mélasse

Le PCI du mélange litière et amidon

Le tableau 10 représente les pouvoirs calorifiques de la litière en fonction du pourcentage d'amidon.

Tableau 10:-Le pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage d'amidon.

PC (kJ/kg)	23276,5	21972,3	21843,1	21525,6	21419,7
% Liant	5%	10%	15%	20%	25%

Nous avons la même remarque que précédemment. La figure 3 représente l'évolution du pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage de liant qui varie de 5 % à 25 % avec pas de 5 %. Pour 5 % de liant nous avons un pouvoir calorifique de 23276,5 kJ/kg qui est supérieur à celui du bois mais inférieur à celui du charbon de bois.

Figure 3:- Évolution du pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage d'amidon

Le PCI du mélange litière et feuilles de baobab

Le tableau 11 représente les pouvoirs calorifiques de la litière de filao en fonction du pourcentage de feuilles de baobab.

Tableau 11:- Pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage de feuilles de baobab.

PC (KJ/KG)	22540,2	21923,7	21577,7	21413,2
% Liant	5%	10%	15%	20%

L'évolution du PC est semblable aux autres cas. La figure 4 représente l'évolution du pouvoir calorifique de la litière en fonction du pourcentage de feuille de baobab qui varie de 5 % à 20 % avec pas de 5 %. Les valeurs des pouvoirs calorifiques sont très élevées comparées au pouvoir calorifique bois (témoin).

Figure 4:- Évolution du pouvoir calorifique en fonction du pourcentage de feuilles de baobab

Le PCI du mélange litière et farine

Le tableau 12 représente les pouvoirs calorifiques de la litière de filao en fonction du pourcentage de farine.

Tableau 12:- Le pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage de farine.

PC (kJ/kg)	22171,6	21716,6	21253,7	20813,4
% Liant	5%	10%	15%	20%

Nous remarquons sur la figure 5, que le pouvoir calorifique évolue de manière décroissante en fonction du pourcentage de mélasse, plus le pourcentage de liant diminue, plus le pouvoir calorifique augmente. Elle représente l'évolution du pouvoir calorifique de la litière en fonction du pourcentage de liant qui varie de 5% à 20% avec pas de 5%. Ces valeurs trouvées sont supérieures à celle du bois mais inférieures au charbon de bois.

Figure 5:- évolution du pouvoir calorifique en fonction du pourcentage de farine

Vu que l'objectif de cette étude est de substituer le charbon de bois donc il est nécessaire de carboniser la litière de filao pour en concevoir des briquettes. Après carbonisation

Matière sèche

Les résultats pour les teneurs en matière sèche des mélanges de la litière de filao et des liants sont consignés dans le tableau 13.

Tableau 13:- Caractéristique de la teneur en matière sèche et en eau des mélanges de litière et des liants.

Proportions	Mélasse		Amidon	
	M.S en %	H en %	M.S en %	H en %
5%	94	6	91,36	8,64
10%	92,83	7,17	88,33	11,67
15%	92,37	7,63	83,96	16,04
20%	91,46	8,54	82,49	17,51

Dans ce tableau nous constatons que le % de la M.S. décroît en fonction du pourcentage de liant contrairement à l'humidité qui croît.

Pouvoir calorifique

Le PCI du mélange litière et mélasse

Le tableau 14 représente les pouvoirs calorifiques du bio charbon en fonction du pourcentage de mélasse.

Tableau 14:- Pouvoir calorifique du bio charbon en fonction du pourcentage de mélasse.

PC (kJ/kg)	26462,5	25880,1	25525,3	25427,8
% Liant	5%	10%	15%	20%

La figure 6 représente l'évolution du pouvoir calorifique du bio charbon en fonction du pourcentage de liant qui varie de 5% à 20 % avec pas de 5 %. Nous remarquons que le pouvoir calorifique évolue de manière décroissante en fonction du pourcentage de mélasse, plus le pourcentage de liant diminue, plus le pouvoir calorifique augmente. Les valeurs des pouvoirs calorifiques du bio charbon sont très proches du pouvoir calorifique du charbon de bois.

Figure 6:- Évolution du pouvoir calorifique du bio charbon en fonction du pourcentage de la mélasse

Le PCI du mélange litière et amidon

Le tableau 15 représente les pouvoirs calorifiques de la litière en fonction du pourcentage d'amidon.

Tableau 15:- Le pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage d'amidon.

PC (kJ/kg)	26667,4	24962,7	24812,0	24354,6
% Liant	5%	10%	15%	20%

Nous avons la même remarque que précédemment. La figure 7 représente l'évolution du pouvoir calorifique de la litière de filao en fonction du pourcentage de liant qui varie de 5 % à 25 % avec pas de 5 %. Pour 5 % de liant nous avons un pouvoir calorifique de 26667,4 kJ/kg qui est proche à celui du charbon de bois(27000KJ/kg).

Figure 7:- Évolution du pouvoir calorifique du bio charbon en fonction du pourcentage d'amidonEssai de compression

Avec la mélasse

Le tableau 16 représente les forces maximales que peut supporter le bio charbon en fonction du pourcentage de mélasse.

Tableau 16:- La force maximal du bio charbon en fonction du pourcentage de mélasse.

% du mélasse	F (KN)
5 % M	3,1
10 % M	7,7
15 % M	12,7
20 % M	16,3

La figure 8 représente l'évolution de la force maximale du bio charbon en fonction du pourcentage de liant qui varie de 5% à 20 % avec pas de 5 %. Nous remarquons que la force évolue de manière croissante en fonction du pourcentage de mélasse, plus le pourcentage de liant augmente, plus la force augmente.

Figure 8:- évolution de la force maximale en fonction du pourcentage de mélasse

Avec l'amidon

Le tableau 17 représente les forces maximales que peut supporter le bio charbon en fonction du pourcentage d'amidon.

Tableau 17:- La résistance du bio charbon en fonction du pourcentage d'amidon.

% d'amidon	F (KN)
5 % A	2,3
10 % A	4,0
15 % A	5,9
20 % A	13,8

Figure 9:- évolution de la force en fonction du pourcentage d'amidon

La figure 9 représente l'évolution de la force maximale du bio charbon en fonction du pourcentage de liant qui varie de 5% à 20 % avec un pas de 5 %. Nous remarquons que la force évolue de manière croissante en fonction du pourcentage de mélasse, plus le pourcentage de liant augmente, plus la force augmente.

Etude comparative

D'après les résultats obtenus avant et après carbonisation, on a constaté le pourcentage MS est supérieur pour le bio charbon et ce dernier a un % d'humidité plus faible, donc la litière a perdu son humidité et elle a un impact sur le pouvoir calorifique.

Figure10:- Évolution des pouvoirs calorifiques avant et après carbonisation en fonction du pourcentage de mélasse.

Figure 11:- Évolution des pouvoirs calorifiques avant et après carbonisation en fonction du pourcentage d'amidon

Les figures 10 et 11 montre que le pouvoir calorifique après carbonisation est supérieur au pouvoir calorifique avant carbonisation et comme l'objectif de cette étude est de substituer le charbon de bois donc nous choisissons le bio charbon. Donc nous pouvons dire que le combustible de substitution (bio charbon) produits à base de litière de filao a un pouvoir calorifique satisfaisant pour une utilisation domestique. Nous constatons aussi qu'après carbonisation, la mélasse donne un PC supérieur au PC de l'amidon pour les proportions de 10%, 15% et 20%.

Pour bien utiliser le bio charbon, nous avons confectionné de petites briquettes avec des proportions de liants variant de 5 % à 20 % avec un pas de 5 %. Pour choisir le bon liant nous avons agi sur le pouvoir calorifique et la résistance des briquettes.

Figure 12:- Évolutions des forces en fonction du pourcentage de liant.

La figure 12 montre que la mélasse a plus d'influence sur la résistance du bio charbon car la résistance du mélange bio charbon et mélasse est supérieure pour toutes les proportions. Donc les briquettes de bio charbon faites à partir de la mélasse sont plus résistantes. Et à 5% de liant nous avons des briquettes qui présentent une résistance très faible et se cassent très vite.

Ici au Sénégal la mélasse est moins chère que l'amidon. D'où le choix de la mélasse.

Pour le choix définitif du pourcentage du liant dans la confection des briquettes, Nous avons essayé de jouer sur deux paramètres que sont le pouvoir calorifique et la résistance des briquettes. Le tableau 18 ci-après nous permet de regrouper ces deux paramètres pour faire un meilleur choix.

Tableau 18:- couple pouvoir calorifique et force pour rompre la briquette en fonction du pourcentage de mélasse.

% Liant	5%	10%	15%	20%
PC (kJ/kg)	26462,5	25880,1	25525,3	25427,8

F(KN)	3,1	7,7	12,7	16,3
-------	-----	-----	------	------

Le tableau nous montre jusqu'à 5 % nous avons un pouvoir calorifique très élevé mais une résistance très faible. Et à 20 % nous avons un PC très proche de celui de 10 % et de 15 % et présentant une résistance très élevée donc nous pouvons dire que la proportion de 20 % est meilleure par rapport aux autres proportions.

Conclusion:-

Pour la réalisations des combustibles, il nous a fallu aller chercher des liants comme la mélasse, l'amidon, les feuilles de baobab et la farine avec des proportions de 5%, 10%, 15%, 20% et 25%.L'étude a montré que les liants avaient une influence sur le pouvoir calorifique de la litière de filao car on a noté une légère diminution et les PC que nous avons trouvé pour chaque proportion sont plus grands que celui du bois.

Par contre les bios charbons obtenus à partir de la carbonisation de la litière de filao ont un PC proche de celui du charbon de bois (6690kcal/kg). D'après les résultats obtenus on peut dire que ce bio charbon est un bon combustible pour se substituer au charbon de bois.

Pour mieux choisir le bon liant et aussi la bonne proportion, des tests d'écrasement ont été faits afin de déterminer la force maximale que peut supporter les briquettes.

C'est ainsi que la mélasse a été choisie comme liant avec une proportion de 20 % présentant un pouvoir calorifique de 25427,8KJ/kg.

Bibliographie:-

1. M. W. A. D. G. S. Modou FALL, «Qualitative Study of Biogas Produced from Cow Dung and Food Residues,» Journal of Scientific and Engineering Research, vol. 10, n° 14, pp. 506-513, 2017.
2. T. Godjo, «Densification et analyse des propriétés physiques de biocharbon produit à partir des coques déchets d'anacarde au Bénin,» International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 19 , n° 13, pp. 614-620, Fev. 2017.
3. P. S. G. B. e. Y. L. P. Bouillot, «"Biodegradable dissolved organic carbon removal during biological filtration on granular activated carbon,» Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 5, pp. 33-49, 1992 .
4. R. J. L. a. Y. M. A. Bekele, «Use of biochar and oxidized lignite for reconstructing functioning agronomic topsoil: Effects on soil properties in a greenhouse study,» Canadian Journal of Soil Science, vol. 3, n° 195, p. 269-285, 2015.
5. H. D.-B. J. E. Idrissa Wade, «Information et régulation des filières maraîchères au Sénégal,» n° 113, pp. 48-57, 2004.
6. S. N. E. F. D. S. M. D. Mamoudou Abdoul Touré, «Effets du compost de filao (Casuarina equisetifolia) enrichi sur les rendements des cultures maraîchères dans la zone des Niayes au Sénégal,» Rev. Sci. Technol, n° 137, pp. 39-48, 2018.
7. T. S. M. T. M. A. S Ngom, «Contamination des produits agricoles et de la nappe phréatique par les pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal,» Revue des Sciences et de la Technologie, vol. 15, pp. 1111-4924, 2012.
8. D. R. J. Tester M., « Na⁺ transport and Na⁺ tolerance in higher plants.,» Annals of Botany, n° 191, pp. 503-27..
9. M. A. D. M. T. M. R. J. C. I. T. S. Ngom S., « Étude de l'évolution des résidus de pesticides dans les produits horticoles de grande consommation au Sénégal,» Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie, n° 121, pp. 31-44, 2013.
10. T. A. A. F. S. T. D. E. S. Cissé I., «Usage incontrôlé des pesticides en agriculture urbaine et périurbaine : cas de la zone des Niayes au Sénégal,» Cahiers Agricultures, n° 112, p. , 2003.
11. «Contamination Des Produits Agricoles Et De La Nappe Phréatique Par Les Pesticides Dans La Zone Des Niayes Au Sénégal,» Rev. Sci. Technol, vol. 18, n° 12, pp. 119-130, 2012.
12. M. C. e. F. GOURBIERE, «DECOMPOSITION" DE LA LITIERE DE FILAO (easuarina equisetHolia Forst_J AU SENEGAL,» Publications des scientifiques de l'IRD, n° 171, 1993.
13. A. T. S. T. F. E. H. S. D. Ibrahima Cissé, «Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine : cas de la zone des Niayes au Sénégal,» CIRAD revues, n° 112, pp. 1992-2015, 2003.

14. O. E. Z. M. M.E. Afilal, «Caractérisations des déchets organiques et évaluation du potentiel Biogaz,» Journal of Materials and Environmental Science, vol. 5, pp. 1160-1169, 2014.
15. M. W. B. D. ., L. L. Alsanne DIENE, «Conception d'une presse hydraulique pour une production de briquettes à base de déchets agricoles comme combustible pouvant se substituer au charbon de bois et étude de différents types de liant,» OAPI, vol. 12, n° %118041, p. 17, 2017.