

FICHE TECHNIQUE N°5

Guide pratique de production de briquettes combustibles à base de coque cajou après l'extraction du baume au Bénin. (2016). INRA, Bénin. Dépôt légal N°8541 du 30 mars 2016, 1^{er} trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin - ISBN: 978-99919-2-173-0, 32 p. Hounyevou Klotoe A., **Padonou S.W.**, Houssou P., Olou D., Agbobatinkpo P., Todohoue C., Guédou M., Montcho K., Adegbola P., Aboh A., Dossou J., Mensah G.A.



République du Bénin

Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche

Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin

Centre Recherches Agricoles à vocation nationale basé à Agonkanmey

Programme Technologie Agricole Alimentaire

FICHE TECHNIQUE

Guide pratique de production de briquettes combustibles à base de coque cajou après l'extraction du baume au Bénin



Ir. Agossou Hounyevou Klotoe, Chercheur au PTAA, Attaché de Recherche à l'INRAB
Dr Ir. Sègla Wilfrid Padonou, Chercheur au PTAA, Chargé de Recherche du CAMES
Dr Ir. Paul Houssou, Chercheur au PTAA, Chargé de Recherche du CAMES
Ir. Denis Olou, Chercheur au PAPA, Attaché de Recherche à l'INRAB
Dr Ir. Pélagie Agbobatinkpo, chercheur au PTAA, Attaché de recherche à l'INRAB
M. Clovis Todohoue, Assistant de recherche au PTAA
MSc. Ir. Marius Guédou, Chercheur au LRZVH, Attaché de Recherche à l'INRAB
M. Karel Montcho, Assistant de recherche FSA-UAC
Dr Ir. Patrice Adegbola, Chercheur au PAPA, Chargé de Recherche du CAMES
Dr Ir André Aboh, Enseignant chercheur a UAK, Maître de Recherche du CAMES
Dr Ir. Joseph Dossou, Enseignant chercheur FSA-UAC, Maître de Conférences du CAMES
Dr Ir. Guy Apollinaire Mensah, Chercheur au LRZVH, Directeur de Recherche du CAMES

Janvier 2016

Table des matières

1. Introduction	5
2. Méthodologie	7
2.1. Matière première et équipement d'extraction du baume de noix de cajou	7
Figure 1: Presse à vis de type Expeller.....	8
2.2. Equipements de carbonisation du tourteau de coques, de mouture, de briquetage, de séchage et autres petits outillages	8
2.2.1. Equipement de carbonisation	8
Figure 2 : Carbonisateur.....	10
2.2.2. Equipement de mouture des coques carbonisées	10
2.2.3. Equipements de briquetage	11
2.2.4. Equipements de séchage.....	12
2.2.5. Autres petits outillages.....	12
2.3. Extraction du baume	13
2.4. Carbonisation et mouture du tourteau de coque cajou	15
2.5. Briquetage	18
2.5.1. Briquetage avec la presse manuelle à leviers	18
2.5.2. Briquetage avec l'extrudeuse motorisée	20
3. Résultats	23
3.1. Rendements des technologies appliquées.....	23
3.2. Caractéristiques des briquettes produites	23
4. Implication pour le développement	26

5. Conclusion	27
Remerciements	28
6. Références bibliographiques	29

1. Introduction

Le fruit de l'anacardier (*Anacardium occidentale*) est composé de la pomme et de la noix qui sont l'une et l'autre importantes dans l'alimentation humaine (Affo, 2005 ; Padonou et al., 2015) La noix cajou ou anacarde est le deuxième produit agricole d'exportation du Bénin après le coton (Tandjiekpon, 2009), avec 151,34 millions de dollars US comme valeur d'exportation totale en 2011 (FAOSTAT, 2015) ce qui a représenté 2% du Produit Intérieur Brut (PIB) national. Cette performance est liée à l'accroissement des superficies des plantations d'anacardiens qui sont passées de 169 126 ha en 2002 à 468 000 ha en 2012 (FAOSTAT, 2012 ; FAOSTAT, 2015). En plus des exportations de noix brutes d'anacarde sur le marché international (Chine, Indonésie, Vietnam, Union Européenne, etc.), le Bénin exporte aussi des amandes blanches de noix cajou sur ces différents marchés. A cet effet, environ 1800 tonnes de noix sont transformées par an par les industries modernes et par les méthodes traditionnelles (FBSPL, 2008; Tandjiekpon, 2010). Au niveau de ces industries modernes, les noix cajou subissent dans la plupart des cas un traitement à la vapeur qui permet de ramollir leur coque et de faciliter leur décorticage manuel pour ne pas abîmer les amandes extraites. Ce traitement industriel des noix de cajou génère plusieurs sous-produits tels que les coques, les pellicules débarrassées de l'amande et le baume. En effet, la coque, l'amande et le baume représentent respectivement 50 %, 25 % et 25 % de la

masse de la noix brute (Rajapakse *et al.*, 1977; Ramanan *et al.*, 2008; Santos et Magalhães, 1999). Les sous-produits issus du traitement des noix de cajou sont aussi valorisés sous diverses formes. Selon Cirad/Gret/Ministère des Affaires Etrangères (2002), la coque est employée dans la fabrication d'encre, de vernis de protection contre les insectes ravageurs ou imperméabilisants, d'insecticides ou encore d'éléments de friction de véhicules comme les freins et les embrayages tandis que le baume de cajou (cashew nut shell liquid ou CNSL) peut être utilisé dans l'industrie notamment dans la fabrication d'éléments de friction (freins, embrayages) ou des isolants. Les coques étant de la biomasse solide, sont utilisées soit en combustion directe comme combustibles dans les fours, les chaudières ou les foyers, soit comme combustibles gazeux après leur gazéification et enfin transformées en charbon et en huile après leur pyrolyse (Gungor, 2007). Malgré l'existence de ces différents procédés de valorisation de la coque à travers le monde, au Bénin, les grandes entreprises transformatrices de noix cajou en amandes sont encore confrontées à la difficulté de gestion des coques qu'elles ne parviennent pas à valoriser. Ici, la fiche technique présente la technologie appropriée développée pour la production de briquettes combustibles à base de coques cajou après l'extraction du baume.

2. Méthodologie

2.1. Matière première et équipement d'extraction du baume de noix de cajou

La seule matière première est constituée des coques de noix cajou utilisées pour la fabrication de briquettes combustibles. Les coques sont obtenues après l'extraction des amandes de noix cajou fragilisées à la vapeur, noix cajou issues de la récolte des campagnes de moins de deux (02) ans.

Une presse à vis continue de type Expeller (Figure 1) fabriquée au Bénin par APROMAH (utilisée généralement pour l'extraction d'huile palmiste), est utilisée pour l'extraction du baume cajou. La presse à vis entraînée par un moteur diesel de puissance 15 CV est composée de ce qui suit:

- un (01) système de transmission formé de poulies, de courroies trapézoïdales et d'un réducteur de vitesses à roues dentées;
- une (01) trémie;
- un (01) bâti;
- une (01) chambre de pressage à l'intérieur de laquelle tourne une vis sans fin;
- un (01) fût de refroidissement à eau;
- deux(02) ouvertures dont l'une pour la récupération du liquide extrait et l'autre pour le tourteau de pressage.



Figure 1: Presse à vis de type Expeller.

2.2. Equipements de carbonisation du tourteau de coques, de mouture, de briquetage, de séchage et autres petits outillages

Les équipements de carbonisation du tourteau de coques, de mouture et de briquetage sont les trois (03) équipements utilisés pour la fabrication des briquettes de coques de noix cajou.

2.2.1. Equipement de carbonisation

La carbonisation du tourteau de coques de noix cajou obtenu après l'extraction du baume est réalisée à l'aide d'un four métallique ou carbonisateur expérimental (Figure 2). Le carbonisateur est composé de deux sections cylindriques superposées de diamètre 640 mm

et de hauteur 1 700 mm faites en tôle noire d'épaisseur 3 mm. Le carbonisateur est aussi muni de ce qui suit :

- un (01) couvercle conique de hauteur 450 mm;
- un (01) plateau intérieur perforé avec un tube central grillagé pour favoriser l'expansion du feu dans la masse de tourteau, plateau sur lequel est versé le tourteau à carboniser;
- six (06) cheminées en tuyau galvanisé de diamètre 40 mm dont quatre (04) à sa base et deux (02) au sommet pour l'évacuation de la fumée de carbonisation en l'absence de l'oxygène de l'air.



Figure 2 : Carbonisateur.

2.2.2. Equipement de mouture des coques carbonisées

La mouture du tourteau carbonisé est faite à l'aide d'un moulin ordinaire à meules métalliques de marque NISSAN vendu dans le commerce. Ce type de moulin est souvent utilisé pour la mouture des céréales, le maïs en l'occurrence. Ce moulin est entraîné par le même moteur de 15 CV de la presse à vis continue par

l'intermédiaire d'un système de poulies et courroies trapézoïdales.

2.2.3. Equipements de briquetage

En ce qui concerne la mise en forme des briquettes deux (02) équipements ont été utilisés. Il s'agit d'une presse manuelle à leviers pour le compactage manuel et d'une extrudeuse motorisée pour le compactage continu (Figures 3 et 4). La presse manuelle à leviers est constituée de deux (02) plateaux dont l'un amovible à 16 pistons et le second immobile à 16 moules, d'un châssis et deux (02) leviers dont l'un (levier supérieur) pour actionner le plateau de pistons et l'autre (levier inférieur) pour éjecter les briquettes cylindriques après leur compactage. L'extrudeuse est composée d'une trémie qui débouche dans une cage contenant une vis sans fin, et des éléments de la presse à vis continue telles que le bâti, le système de poulies et courroies, le réducteur de vitesses à roues dentées. Au bout de la cage est fixé un court tube cylindrique ou buse dont le calibre est choisi en fonction du diamètre désiré pour la briquette (Figure 4). L'extrudeuse est actionnée par le même moteur diesel de puissance 15 CV utilisé pour la presse à huile.



Figure 3 : Presse manuelle.



Figure 4 : Extrudeuse.

2.2.4. Equipements de séchage

Le séchage mixte et le séchage au soleil sont les deux modes de séchage utilisés lors de la fabrication des briquettes combustibles de coques de noix cajou. Le séchoir hybride de type GeHo utilise deux (02) sources d'énergie: l'énergie solaire et l'énergie thermique à base de gaz ou autres combustibles (charbon, pétrole, gasoil, etc.).

2.2.5. Autres petits outillages

Les petits outillages utilisés au cours du processus de fabrication des briquettes à base des coques cajou sont: une balance de portée 50 kg au moins, des récipients (bassines, fûts métalliques, bols et paniers), des gants, des lunettes de protection, des bottes, des

tabliers en cuire, des caches nez, un paquet d'allumettes, un fourneau à charbon, une marmite.



Figure 5 : Séchoir hybride de type GeHo.

2.3. Extraction du baume

L'un des avantages de cette presse à vis est qu'elle est fonctionnelle quelles que soient les quantités de coques cajou disponibles. Cependant pour une exploitation judicieuse de cette presse, une quantité de 500 kg en moyenne de coques cajou est nécessaire par journée de travaux d'extraction. Les différentes étapes pour l'extraction du baume à l'aide de cette presse sont:

- peser les coques de noix cajou à l'aide d'une balance de portée 50 kg au moins (Figure 6);

- disposer les deux (02) récipients de récupération du baume et du tourteau au niveau des ouvertures de sortie respectives de la presse;
- démarrer le moteur de la presse à vis continue (Expeller) à l'aide de la manivelle ou par démarrage électrique en le décompressant;
- verser progressivement dans la trémie et par petites quantités les coques de noix cajou à l'aide d'un bol (Figure 7);
- récupérer le baume brut (Figure 8) et le tourteau de pressage des coques (Figure 9) au niveau de chaque ouverture de sortie;
- transvaser au fur et à mesure les différents récipients de récupération remplis dans les fûts pour le baume et les paniers ou autre récipients pour le tourteau de pressage;

Attention : Les opérateurs doivent porter des gants pour se protéger des effets corrosifs du baume durant son extraction mécanique.



Figure 6: Pesée des coques de noix de cajou.



Figure 7: Alimentation de la presse Expeller en coques de noix de cajou.



Figure 8: Baume de coque de noix de cajou extrait.



Figure 9: Tourteau de coque de noix de cajou.

2.4. Carbonisation et mouture du tourteau de coque cajou

Le tourteau issu du pressage de coque cajou est versé dans le cylindre du carbonisateur tout autour du tube cylindrique grillagé en prenant soin de combler tous les vides. Pour le remplissage du carbonisateur, 275 kg de

tourteau de coques cajou sont utilisés. Le cylindre étant complètement chargé de tourteau, le couvercle est alors posé et serré sur celui-ci à l'aide des boulons prévus à cet effet. Ensuite, le feu est allumé à la base du four à quatre (04) endroits près des cheminées. Ce feu doit brûler pendant environ 10 à 15 minutes jusqu'à ce que la flamme entamme la masse de tourteau de coques de noix cajou à la base. A cet instant la base du carbonisateur est recouverte de terre afin de boucher toutes les orifices d'entrée de l'air. Pendant toute la durée de carbonisation, il se dégage une fumée blanche épaisse avec une odeur caractéristique de la combustion de coques de noix cajou au niveau des cheminées du couvercle (Figure 10) tandis que le baume résiduel contenu dans le tourteau suinte par les cheminées de la base. La fin de la carbonisation est marquée par de faible émission intermittente de fumée bleue au niveau des cheminées. Enfin, il faut renverser le carbonisateur et éteindre le tourteau carbonisé en l'aspergeant d'eau (Figur 11). La durée de carbonisation est d'environ quatre (04) jours.

Le tourteau carbonisé de coques de noix de cajou ainsi obtenu est séché au soleil pendant une (01) journée puis pesé avant d'être moulu à l'aide du moulin à meules (Figure 12). Le produit de la mouture est aussi pesé.



Figure 10 : Carbonisation du tourteau de coques déshuilées



Figure 11 : Déchargement du carbonisateur et du tourteau de coques carbonisé



Figure 12 : Mouture du tourteau carbonisé

2.5. Briquetage

La poudre de charbon de tourteau de coque de noix cajou étant un matériau totalement dépourvu de plasticité, l'amidon de manioc est utilisé comme un liant pour favoriser son agglomération en briquettes. Deux types d'équipements de briquetage peuvent être utilisés.

2.5.1. Briquetage avec la presse manuelle à leviers

Concernant la presse manuelle à leviers nécessitant deux (02) opérateurs, pour le mélange de la poudre au liant, la dose recommandée est d'un (01) kg de poudre de charbon de tourteau de coques de noix cajou pour 50 g d'amidon de manioc (*gomman* en langue *fongbé*) et 0,5 litre d'eau. Avant l'opération de compactage, l'amidon de manioc est dissout dans l'eau à température ambiante (Figure 13). La suspension ainsi obtenue est chauffée jusqu'à 80–85°C avec une homogénéisation continue pour obtenir de l'empois d'amidon. Cet empois d'amidon est prélevé et mélangé à la poudre de charbon (Figure 14). Ensuite, le mélange est malaxé et homogénéisé puis prélevé par petites quantités à l'aide d'un bol de contenance 0,3 à 0,5 litre et introduite dans chacune des 16 moules de la presse manuelle au-delà du ras-bord. Le premier opérateur appuie sur le levier supérieur de la presse pour compacter la pâte introduite dans chaque moule (Figure 15). Ensuite, le premier opérateur soulève le même levier pour dégager les orifices des moules afin de

favoriser la sortie des briquettes des moules. Enfin, le deuxième opérateur appuie sur le levier inférieur de la presse pour éjecter les 16 briquettes formées (Figure 16). La même opération est reprise jusqu'à l'épuisement de la pâte. Après leur éjection, les briquettes sont séchées au soleil sur une toile plastique à même le sol ou sur une plateforme pendant sept (07) jours au moins en fonction du degré de l'ensoleillement. La fin du séchage est constaté après avoir cassé et observé l'absence d'humidité à l'intérieur de la briquette.



Figure 13 : Dilution de l'amidon dans l'eau.



Figure 14 : Mélange de l'empois d'amidon avec la poudre de tourteau carbonisé de coque de noix d'anacarde.



Figure 15: Manipulation de la presse manuelle de briquette.



Figure 16: Ejection de briquette après pressage

2.5.2. Briquetage avec l'extrudeuse motorisée

Pour l'extrudeuse motorisée, la dose recommandée pour le mélange de la poudre du charbon de coques de cajou et de l'amidon de manioc est de 1 kg de poudre de charbon de tourteau de coques de noix cajou pour 40 g d'amidon et 0,5 litre d'eau. Avant l'opération de compactage, l'amidon est dissout dans l'eau à la température ambiante. La suspension ainsi obtenue est chauffée jusqu'à 80–85°C avec homogénéisation continue pour obtenir de l'empois d'amidon. Cet empois d'amidon est mélangé à la poudre de charbon et le mélange ainsi obtenu est malaxé et homogénéisé. Le mélange est prélevé par petites quantités à l'aide d'un bol de contenance 0,3 à 0,5 litre et versé dans la trémie de l'extrudeuse. Ce mélange tombe ensuite sur la vis sans fin qui le convoie et le malaxe jusqu'à la buse où il est compacté et moulé sous forme de tige cylindrique

continue qui sort par l'orifice d'éjection. Cette tige est découpée en briquettes cylindriques pleines au fur et à mesure qu'elle sort sur une longueur de 6 à 7 cm (Figure 17). Les briquettes obtenues sont séchées soit au soleil soit sur une toile plastique (Figure 18) ou un plateau à même le sol soit sur une plateforme pendant sept (07) jours au moins en fonction du degré de l'ensoleillement. Le séchoir hybride est utilisé aussi bien lorsqu'il y a un ensoleillement suffisant qu'en cas de déficit d'ensoleillement où il peut être alimenté au gaz ou autres combustibles pour un séchage continu. La fin du séchage est constaté après avoir cassé et observé l'absence d'humidité à l'intérieur de la briquette.



Figure 17 : Production de briquette à 'aide de l'extrudeuse



Figure 18 : Séchage au soleil de briquettes extrudées.



Figure 19 : Briquettes extrudées séchées au soleil.

3. Résultats

3.1. Rendements des technologies appliquées

Avec ces technologies de fabrication de briquettes combustibles à base de coques cajou après extraction du baume, les résultats obtenus se présentent comme suit:

- La capacité horaire de la presse est de 112 kg/h avec un taux d'extraction en baume de 38%;

- Le traitement de 100 kg de coques de noix de cajou avec la presse à vis continue de type Expeller, donne:

- ✓ 38 kg de baume brut (CNSL);
- ✓ 59,3 kg de tourteau de coques de noix cajou;
- ✓ 11 kg de tourteau carbonisé;
- ✓ 10,5 kg de poudre de charbon de tourteau;
- ✓ 106 briquettes de l'extrudeuse de diamètre 45 mm, de longueur 60 mm et de masse unitaire moyenne 77,95 g ou 193 briquettes de la presse manuelle de diamètre 33,5 mm, de longueur 68,4 mm et de masse unitaire moyenne 55,61 g.

- La capacité horaire de l'extrudeuse est de 12,94, kg/h ;

- La capacité de production de la presse manuelle est de 16 briquettes cylindriques par opération de compactage. Elle est manipulée par deux personnes dont l'une pour le compactage et le ramassage des briquettes éjectées et l'autre pour l'éjection des briquettes.

3.2. Caractéristiques des briquettes produites

Par cette technonologie, deux lots de briquettes sont produites, le premier à basse pression à l'aide de la presse manuelle à levier avec 95 % de charbon de coque de noix de cajou et 5 % d'amidon de manioc comme liant et le

second avec l'extrudeuse motorisée à 4 % d'amidon. Les caractéristiques physiques et thermiques de ces briquettes sont consignées dans le Tableau 1 ci-dessous:

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des briquettes séchées au soleil.

Type de presse	Dimensions (diamètre x longueur) (mm)	Humidité (%)	Densité (kg/m ³)	Indice de résistance à l'infiltration de l'eau (%)	Indice de résistance à la rupture (%)	Pouvoir calorifique (MJ/kg)	Durée de consommation
Manuelle	33,5 x 68,4	4,02	920	83,67	61,41	31,11	2 h 10 min
Extrudeuse	45,0 x 60,0	3,46	820	88,24	85,41	33,41	3 h 22 min

4. Implication pour le développement

La production de briquettes obtenues à base des coques de noix cajou après extraction du baume va permettre de générer des ressources supplémentaires pour les transformateurs de noix surtout les usines modernes et de créer de nouveaux emplois pour les nouveaux producteurs de briquettes, d'amidon de manioc, les vendeurs de charbon, les fabricants d'équipements, etc. Les ménages et restaurateurs auront aussi facilement accès à ces briquettes pour la cuisson des mets. L'utilisation de ces briquettes va réduire la consommation du charbon de bois diminuant ainsi la pression exercée sur les ressources forestières et par ricochet le risque du changement climatique. Toutefois, le baume extrait est un liquide corrosif dangereux pour la santé de même que la fumée dégagée lors de la carbonisation.

L'utilisation de l'extrudeuse motorisée permet de produire de grandes quantités de briquettes et donc adaptée pour une production industrielle plus que la presse manuelle qui est surtout adaptée pour la production familiale.

L'activité de production de briquettes combustibles à base de coques de noix d'anacarde est une nouvelle activité qui nécessite investissement pour l'acquisition d'équipements appropriés en vue du complément de la chaîne d'équipements de transformation existante au niveau des usines locales de transformation de noix

d'anacarde. Un appui financier à ces industriels locaux serait un encouragement à s'investir dans la valorisation des coques de noix d'anacarde en briquettes combustibles.

5. Conclusion

La valorisation des coques de noix de cajou par la production de briquettes combustibles après l'extraction du baume avec l'utilisation d'un liant tel que l'amidon de manioc est possible. Ces briquettes de point de vue énergétique sont comparables au charbon de bois dont la production est source de déforestation et de dégradation de l'environnement. La promotion de cette technologie permettra d'améliorer non seulement les revenus des transformateurs industriels de noix cajou en amandes mais aussi d'assainir l'environnement de leurs usines. La présente technologie met l'accent sur la valorisation des coques de noix de cajou à travers la production de briquettes combustibles. Cette technologie pourra procurer d'autres avantages tels que :

- la réduction de l'utilisation du charbon de bois d'où la réduction de la pression sur les ressources ligneuses ;
- la génération de revenus additionnels pour les transformateurs de noix d'anacarde ;
- la création d'emplois nouveaux pour ceux qui veulent s'investir dans la production de ces

briquettes afin de les mettre à la disposition des ménages béninois.

Il importe aussi d'œuvrer pour une valorisation du baume extraite qui demeure pour le moment une source de pollution des usines.

Remerciements

Nous remercions sincèrement le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest / Bénin (PPAAO-Bénin) pour son appui financier qui a permis de réaliser ce travail. Nos remerciements vont également à l'endroit des responsables des usines de traitement de noix cajou en amande dénommée NAD & Co Industries de Alafiarou et Kake 5 de Savalou pour la fourniture gratuite de coques fragilisées de noix de cajou.