Valorisation des coques d'anacarde par pyrolyse au Bénin

Thierry Godjo, Jean-Philippe Tagutchou, Pascale Naquin, Rémy Gourdon

▶ **To cite this version:**

Thierry Godjo, Jean-Philippe Tagutchou, Pascale Naquin, Rémy Gourdon. Valorisation des coques d'anacarde par pyrolyse au Bénin. Environnement, Ingénierie & Développement, 2015, N°70 - novembre 2015, pp.11-18. 10.4267/dechets-sciences-techniques.3282 . hal-01949004

HAL Id: hal-01949004
https://hal.science/hal-01949004

Submitted on 2 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Valorisation des coques d'anacarde par pyrolyse au Bénin

Thierry Godjo[1,2], Jean-Philippe Tagutchou[2,3], Pascale Naquin[2], Rémy Gourdon[2,4]
1 Université de Lokossa / IUT-Lokossa, B.P. 133 LOKOSSA, (Bénin)
2 CEFREPADE, LGCIE – INSA de Lyon, bâtiment Sadi-Carnot ; 9, rue de la Physique 69621 Villeurbanne cedex (France)
3 PROVADEMSE, Plateforme d'innovation technologique ; 66 boulevard Niels Bohr – CS 52132, 69603 Villeurbanne (France)
4 Laboratoire DEEP – INSA de Lyon, bâtiment Sadi-Carnot ; 9, rue de la Physique 69621 Villeurbanne cedex (France)

RÉSUMÉ

Face aux difficultés d'accès à l'énergie et de gestion des déchets issus de la transformation des noix d'anacarde au Bénin, les coques stockées dans les usines de transformation sont directement utilisées comme combustibles. Elles sont ainsi brûlées dans des fours pour fournir l'énergie nécessaire à la fragilisation des noix, l'étuvage et le séchage des amandes. Cette combustion non contrôlée génère d'importantes nuisances car l'huile qui imbibe ces coques produit des fumées âcres et irritantes pour les yeux. Pour pallier ce problème, nous avons construit au Bénin deux installations de pyrolyse sur la base d'un modèle de réacteur conçu par CEFREPADE et RONGEAD. Ces pyrolyseurs ont été utilisés au Bénin pour permettre la valorisation des coques de noix d'anacarde en gaz et charbon. Les études réalisées ont montré que le réacteur de pyrolyse utilisé permet de valoriser sous forme de gaz environ 82 % de la masse de coque traitées et produit environ 18 % de charbon. Par ailleurs, du point de vue énergétique, les gaz valorisés correspondent à 74 % de l'énergie des coques traitées, tandis que les 18 % de charbon obtenu correspondent à 26 % de l'énergie totale.

MOTS-CLÉS : *coque d'anacarde, cajou,* Anacardium occidentale*, valorisation, pyrolyse, Bénin*

ABSTRACT

Faced to difficulties to energy access and management of waste from the processing of cashew nuts in Benin, the shells stored in cashew nuts processing plants are directly used as fuel. They are therefore burned in kilns to provide the energy required to produce the heat for embrittlement of nuts, steaming and drying almonds. This non controlled combustion generates significant pollution because CNSL, substance contained in the shells, produces abundant and acrid smoke irritating to eyes. To overcome this problem, we have constructed in Benin two pyrolysis plants on the basis of a reactor designed by CEFREPADE and RONGEAD. Those reactors have been used in Benin for energy recovery from cashew nut shells. This experiment of promotion of cashew nuts showed that the pyrolysis reactor used can be able to produce gaseous energy of approximately 82% of the hull mass processed and produces about 18% of charcoal. Furthermore, on the energy point of view, the recovered gas corresponds to 74% of the energy of the raw material, while the obtained charcoal (18% of raw material) corresponds to 26% of total energy of fed raw material.

KEYWORDS : *cashew nut,* Anacardium occidentale*, pyrolysis, Benin, energy recovery*

doi:10.4267/dechets-sciences-techniques.3282

Valorisation des coques d'anacarde par pyrolyse au Bénin

Thierry Godjo, Jean-Philippe Tagutchou, Pascale Naquin, Rémy Gourdon

Introduction

L'anacarde (*Anacardium occidentale*) est au Bénin la deuxième culture de rente avec 120 000 tonnes de production de noix d'anacarde brutes pour la campagne 2013-2014 (Balogoun et al, 2014). Malheureusement, le décorticage des coques nécessitant des opérations coûteuses en énergie, près de 95 % des noix sont exportées sous forme brute, principalement vers l´Inde, ce qui fait perdre une part importante de la valeur ajoutée que l'on aurait pu tirer de la transformation locale. Pour promouvoir celle-ci, le gouvernement et des partenaires au développement (GiZ[1], SNV[2], CTB[3], etc.) ont appuyé la création d'usines de transformation de noix d'anacarde, dont le nombre est ainsi passé de 1 à 7 entre 2007 et 2013. Ces usines transforment essentiellement les noix en amandes pour l'exportation. Les capacités de production des usines sont en moyenne de l'ordre de 2 à 10 tonnes par jour. Malgré ce progrès industriel, force est de constater l'existence de certaines difficultés qui freinent l'évolution et qui à long terme pourraient avoir des conséquences négatives pour ces usines. Il s'agit des difficultés d'accès à l'énergie électrique, des problèmes liés à l'instabilité de l'énergie fournie aux industries de transformation et des difficultés de gestion des déchets issus de la transformation, prioritairement constitués des coques de noix d'anacarde. En effet, les coques d'anacarde représentent environ 73 % de la masse des noix brutes et constituent des déchets polluants, corrosifs, nocifs et toxiques.

L'augmentation du nombre d'usines a entrainé une production abondante de coques (10 959 tonnes en 2013) difficiles à gérer par les unités de transformation (Anon, 2012). Pour réduire le gisement de coques et les dépenses liées à la consommation d'énergie, les coques stockées dans les usines de transformation sont directement utilisées comme combustibles, brûlées dans les chaudières ou dans des fours pour fournir l'énergie nécessaire à la fragilisation des noix, l'étuvage et le séchage des amandes. Ceci génère d'importantes nuisances car le CNSL (Cashew Nut Shell Liquid), mélange de molécules phénoliques qui imbibe les coques, produit des fumées âcres et irritantes pour les yeux lors de sa combustion (Tagutchou, Naquin et al., 2013). Dans d'autres pays comme le Burkina Faso, la réglementation interdit la combustion des coques d'anacarde dans les usines, entrainant l'usage du bois et/ou du gaz comme source d'énergie, ou le développement de filières alternatives de valorisation énergétique des coques. Au Bénin cette mesure n'est pas en vigueur. C'est la combustion des coques qui fournit l'énergie nécessaire à la transformation des noix, ce qui pose donc un problème environnemental et sanitaire.

Le CEFREPADE et RONGEAD, appuyés techniquement par la plate-forme d'innovation technologique PROVADEMSE de l'INSA de Lyon, ont développé avec succès au Burkina-Faso un réacteur de pyrolyse permettant avec beaucoup d'efficacité la valorisation énergétique des coques d'anacarde. Le procédé est de technologie rustique pour rendre son utilisation adaptée aux contexte et enjeux économiques locaux, avec l'objectif non seulement de rendre les unités de production autonomes en énergie pour la transformation des noix, mais également de contribuer à la protection de l'environnement en minimisant les rejets atmosphériques (Tagutchou et Naquin, 2012 ; Tagutchou, Naquin et al., 2013). Depuis la mise en place de la première unité à Bobo-Dioulasso au Burkina-Faso, le RONGEAD a construit plusieurs autres unités.

Une étude réalisée par iCA[4] (Anon, 2012) a montré qu'au Bénin, toutes les usines de transformation de noix d'anacarde ont des problèmes de gestion des coques. Ces problèmes se posent en termes de : 1) risque d'incendies, 2) stress dû au fait que cela peut prendre feu à tout moment et emporter les installations de l'usine, 3) encombrement et 4) «ne savent pas quoi en faire».

Dans le but d'améliorer l'empreinte environnementale, de pallier les difficultés d'accès à l'énergie et de renforcer la rentabilité et la compétitivité sur le plan international de

1 Agence de coopération internationale allemande pour le développement
2 Organisation Néerlandaise de Développement
3 Agence belge de développement
4 Initiative du Cajou Africain, http://www.africancashewalliance.com/fr
5 Programme Cadre du Développement de la filière Anacarde au Bénin

la chaine de valeur ajoutée des noix d'anacarde des unités industrielles de transformation au Bénin, le ProCAD[5] a financé, en septembre 2014, un programme pour la valorisation des coques de noix d'anacarde en gaz, biocharbon et CNSL. Deux PME béninoises ont été les bénéficiaires de ce financement : Nad & Co située au Nord à Tchatchou dans la commune de Tchaourou à environ 450 km de la capitale économique Cotonou et Kake-5 située au Centre, à Savalou, à environ 250 km de Cotonou. C'est dans ce cadre que la technologie de réacteur de pyrolyse développée par le CEFREPADE et le RONGEAD a été transférée au Bénin.

L'objectif de cet article est de présenter les résultats de l'expérience de valorisation des coques déchets d'anacarde au Bénin en vue de la résolution des problèmes énergétiques, environnementaux et sanitaires. Il présente dans un premier temps le réacteur de pyrolyse qui a servi à expérimenter la valorisation des coques d'anacarde au Bénin, puis les premiers résultats obtenus sur ce réacteur.

1. Matériel et méthode

1.1 Cadre de l'étude

Les essais expérimentaux ont été menés dans deux usines : Kake-5 Industry et Nad & Co Industry. Ces usines transforment essentiellement les noix d'anacarde en amandes blanches pour l'exportation. Les deux usines ont été créées en 2009. Pour leur fonctionnement, elles sont approvisionnées en noix d'anacarde par plusieurs catégories d'acteurs, à savoir : les producteurs individuels, les groupements de producteurs, les collecteurs, les commerçants et les grossistes. Le niveau d'équipement des unités est le même. On retrouve : une calibreuse motorisée, une chaudière couplée à 2 autoclaves permettant de fragiliser les noix, de nombreuses tables à décortiquer et décortiqueuses automatiques, des fours de séchage de capacité comprise entre 750 et 1 000 kg, une dépelliculeuse automatique, des tables de travail manuel et une machine d'emballage sous vide.

- La PME Kake-5 Industry

Elle est conçue et équipée pour une capacité de transformation de 2 500 tonnes par an, soit environ 8 tonnes par jour. De manière régulière, le volume de transformation est de 5 tonnes/jour en moyenne mais parfois ce volume atteint 10 tonnes/jour.

- La PME Nad & Co Industry

La capacité de transformation de l'unité est de 1 000 tonnes par an soit 3 tonnes par jour. L'usine transforme en moyenne de 2 à 3 tonnes par jour.

Figure 1 : (a) Atelier de décorticage de Kake-5 Industry (b) Atelier de dépelliculage de Nad & Co Industry

1.2 Pyrolyseur CEFREPADE-RONGEAD

Le matériel est une construction mécanosoudée constituée principalement de tôle en acier d'épaisseur 3 mm. Il est composé de :

- un réacteur de pyrolyse : il s'agit d'une virole constituée d'un cylindre de 1,25 m de diamètre et 1,20 m de hauteur. Une couche de brique d'argile à l'intérieur du cylindre et sous le toit protège l'acier de la chaleur. Une porte en bas du gabarit permet un accès facile à l'intérieur pour le déchargement du biochar produit. Ce réacteur est équipé de plusieurs piquages munis de bouchons permettant de réguler la quantité d'air entrant dans le réacteur.

- un brûleur monté au-dessus du réacteur de pyrolyse permettant la combustion des gaz générés par la pyrolyse ;

doi:10.4267/dechets-sciences-techniques.3282

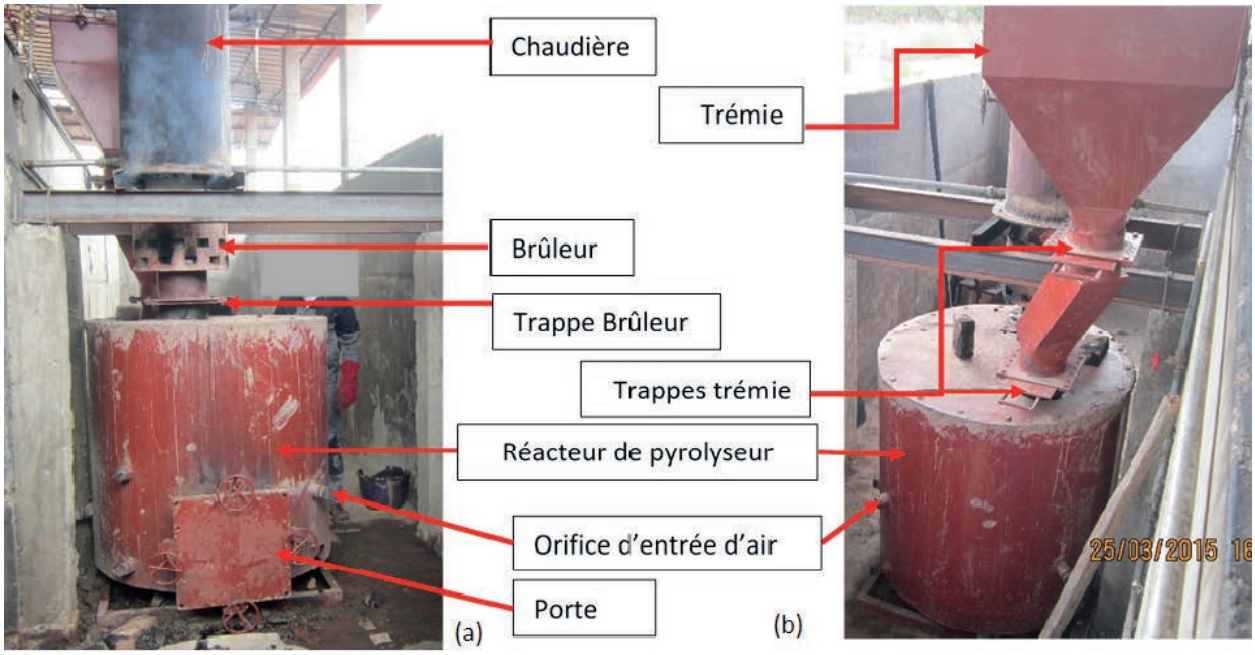

Figure 2 : Pyrolyseur fabriqué et installé à Nad & Co (a) Vue avant, (b) Vue arrière

- une trémie de chargement facilement accessible pour l'alimentation en coques ;

- des trappes qui servent à isoler de façon étanche la trémie et le brûleur du réacteur de pyrolyse. Les trappes de la trémie (sous forme de sas) permettent notamment l'alimentation aisée du réacteur même en cours de procédé.

1.3 Matériels et méthodes

1.3.1 Démarche de transfert de la technologie

La Figure 3 décrit la démarche menée dans le cadre du transfert de la technologie. Nous distinguons 1) des acteurs (en rectangle), 2) des objets (en ovale) et 3) les rôles joués par des acteurs ayant participé à la mise au point de la technologie.

Les acteurs sont constitués de quatre catégories :

- les concepteurs/développeurs de la technologie : CEFREPADE et RONGEAD venant de Lyon (France) ;

- les acteurs ayant introduit la technologie au Benin : **CEFREPADE** et **RONGEAD** (diffusion), IUT de Lokossa (appui technique), **PROCAD** (appui financier) ;

- les fabricants :
    - ceux ayant en charge la reproduction de la technologie (Centre Songhaï au Sud à Porto-Novo et Cobemag au Nord à Parakou) ;
    - les artisans associés qui ont participé à la fabrication et à l'installation de la technologie : un potier rural et un technicien génie civil et structure ;

- les industriels, bénéficiaires de la technologie, PME KaKé 5 à Savalou et PME Nad & Co à Tchatchou.

Les objets sont des objets intermédiaires (OI) de type Alain Jeantet (1997). Il s'agit d'une part des objets créés, manipulés et transformés au cours du processus (Boujut et Blanco, 2003 ; Godjo et al., 2003) et d'autre part, les objets produits finaux du transfert de la technologie. La première catégorie d'objets est constituée du document de projet (rédigé par l'IUT Lokossa et le CEFREPADE et transmis au bailleur PROCAD), des plans proposés par RONGEAD (qui n'avaient pas prise sur les fabricants pendant la reproduction) et enfin des plans améliorés ont permis la reproduction. La deuxième catégorie constitue le produit final du transfert de la technologie : le pyrolyseur.

1.3.2 Méthodes d'analyses des échantillons au laboratoire

Les analyses de laboratoire réalisées sur la plateforme PROVADEMSE se sont limitées aux analyses immédiates (humidité, indice de matières volatiles, taux de cendres, taux de carbone fixe) et à l'analyse calorimétrique (pouvoir calorifique). Les analyses immédiates ont été réalisées dans une étuve de marque « MAMMERT » pour le taux d'humidité et dans un four à moufle de marque « THERMOLYNE » pour les autres paramètres. La mesure du pouvoir calorifique supérieur (PCS) a été réalisée dans une bombe calorimétrique de marque « PARR 6200 ». Toutes les caractérisations ont été réalisées suivant des pro-

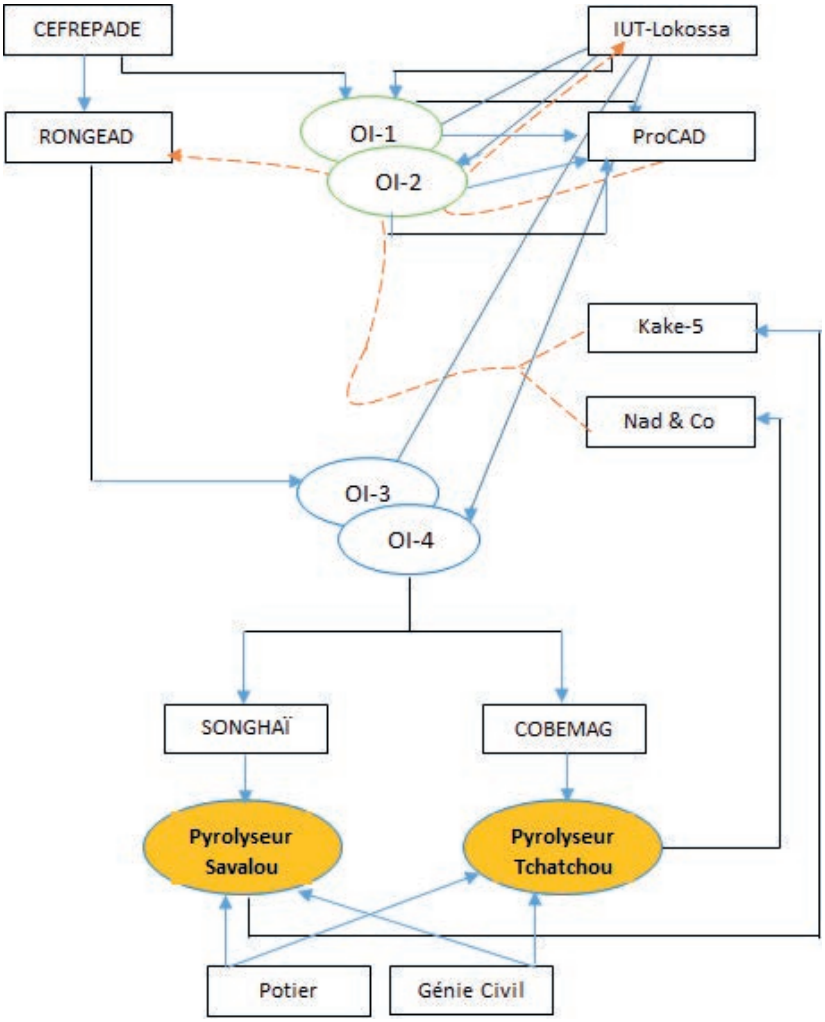

Figure 3 : Processus du transfert de technologie

OI-1 : document de projet, OI-2 : document de projet amélioré,
OI-3 : plans de définition du pyrolyseur adaptés au besoin énergétique de chaque usine, OI-4 : plans de définition améliorés

tocoles internes à la plateforme PROVADEMSE basés sur des normes européennes relatives à la caractérisation des biocombustibles solides et retranscrites en France par l'AFNOR. Ainsi, la mesure du taux d'humidité a été réalisée sur la base de la norme NF EN 14774-3, l'indice de matières volatiles selon la norme NF EN 15148, le taux de cendres selon la norme NF EN 14775 et le taux de carbone fixe obtenu par calcul. Le pouvoir calorifique quant à lui est obtenu selon la norme NF EN 14918.

1.3.3 Estimation de l'énergie de la flamme de combustion

L'estimation de l'énergie de la flamme est réalisée suivant un bilan matière et énergie entre les entrants et les sortants du pyrolyseur. Nonobstant les pertes pariétales autour du pyrolyseur, nous supposons que toute l'énergie qui rentre dans le pyrolyseur (PCI des coques) en ressort en termes de chaleur des fumées et de PCI des charbons récupérés. Connaissant donc la quantité et le PCI des coques en entrée d'une part, ainsi que la quantité et le PCI des charbons récupérés en sortie d'autre part, nous pouvons estimer par différence la quantité d'énergie transférée dans les fumées sous forme de chaleur, c'est-à-dire l'énergie des gaz de pyrolyse (condensables et incondensables).

En toute rigueur nous pensons que par la suite, il faudrait prendre en compte aussi la quantité d'énergie utilisée dans la chaudière (puissance de la vapeur d'eau produite) ainsi que celle des fumées (débit + température des fumées) pour estimer réellement l'énergie des flammes. Malheureusement, le défaut d'instrumentation des installations actuelles ne nous permet pas de mieux affiner les données à ce stade d'étude.

2. Résultats

2.1 Premier bilan de fonctionnement du pyrolyseur

L'utilisation du pyrolyseur installé au Bénin à Nad & Co (celui de Kake-5 n'était pas encore en exploitation) a permis de relever les caractéristiques indiquées dans le tableau 1.

doi:10.4267/dechets-sciences-techniques.3282

Tableau 1 : Caractéristiques du pyrolyseur Nad & Co et premiers bilans

Volume interne du réacteur	780 litres
Masse de coques pyrolysées par jour	130 kg
Durée de la flamme de post-combustion	4h 20 min
Quantité estimée d'énergie libérée par cette flamme	1837 MJ (*)
Puissance estimée de la flamme	118 kW
Quantité de noix fragilisée avec l'énergie produite	1280 kg
Durée de la fragilisation	1h30
Quantité d'amandes précuites avec l'énergie produite	240 kg
Masse de charbon produite	23 kg

(*) il s'agit de l'énergie totale maximale des gaz de pyrolyse produits

Figure 4 : Brûleur des gaz de pyrolyse en fonctionnement

La pyrolyse de 130 kg de coques a permis un fonctionnement de la post combustion pendant 4h20 min produisant l'énergie nécessaire pour les opérations de fragilisation de 1280 kg de noix d'anacarde et de choc thermique de 216 kg d'amandes. Une production de 23 kg de charbon a été obtenue. Les coques utilisées représentent 10 % des coques produites.

2.2 Résultats des analyses de laboratoire

Le tableau 2 présente les résultats des analyses réalisées sur les coques brutes, sur les charbons issus du tout premier prototype construit au Burkina-faso et sur les charbons obtenus d'un des deux réacteurs récemment installés au Bénin.

La Figure 5 donne un aperçu du charbon obtenu.

Figure 5 : Vue du charbon issu de la pyrolyse des coques d'anacarde

Tableau 2 : Analyse des coques brutes et des charbons de pyrolyse du Burkina-Faso et du Bénin

Echantillons	Humidité (% sur humide)	Autres paramètres en % (sur sec) ; PCI en MJ/kg (sur sec)				
		MOT (%)	MV (%)	Cf (%)	Ce (%)	PCI
Coques brutes	9,9	97,4	81,6	15,8	2,6	21,3
Char de pyrolyse (Burkina-Faso)	10,4	88,7	9,2	79,5	11,3	27,6
Char de pyrolyse (Bénin)	52,7	89,7	10,7	79,0	10,3	28,5

Note : MOT = Matières organique totales ; MV = matières volatiles ; Cf = Carbone fixe ; Ce = Cendres

Les résultats montrent que les coques brutes sont constituées de près de 82 % de matières volatiles, 16 % de carbone fixe et moins de 3 % de cendres. Cette composition avoisine celle des plaquettes forestières issues de pin maritime, évaluée respectivement à 82,6 %, 17,2 % et 0,2 % (Tagutchou, 2008 ; Van de Steene & al., 2011). Les coques d'anacarde ont cependant une teneur en cendres beaucoup plus élevée (Tagutchou, 2008 ; Tagutchou & Naquin, 2012). Les charbons produits dans les pyrolyseurs du Burkina-Faso et du Bénin respectivement sont assez similaires, notamment en ce qui concerne les analyses immédiates. Le taux d'humidité très élevé sur les charbons du Bénin est simplement lié au fait que ce produit a été trempé dans l'eau lors du déchargement afin d'assurer son refroidissement brutal et éviter qu'il ne se consume au contact de l'air. Dans tous les cas, ramené sur la même base sèche, ces produits ont des caractéristiques similaires. Ils ont un indice de matières volatiles avoisinant 10 % et un taux de carbone fixe d'environ 79 %, ce qui est caractéristique d'un bon charbon. Ceci se confirme lorsqu'on regarde la valeur énergétique, notamment le PCI qui est respectivement de 27, 6 MJ/kg et 28,5 MJ/kg pour les charbons provenant du Burkina-Faso et du Bénin. Nous remarquons ainsi que le charbon provenant des nouvelles installations du Bénin a une qualité énergétique supérieure. Ces charbons sont ainsi tous de qualité énergétique supérieure, si nous les comparons au charbon de bois.

Sur la base des résultats des premiers essais réalisés à Nad & Co au Bénin, on peut estimer que le procédé permet de valoriser sous forme de gaz environ 82 % de la masse de coque traitées en produisant environ 18 % de charbon. Ces chiffres sont en parfaite adéquation avec ceux de la littérature (Sanger, Mohod & al., 2011) et ceux obtenus sur les équipements mis en place au Burkina-Faso, ou encore ceux issus des essais réalisés en France sur des équipements plus performants (Tagutchou & Naquin, 2012). Par ailleurs, du point de vue énergétique, les gaz valorisés correspondent à 74 % de l'énergie des coques traitées, tandis que les 18 % de charbon obtenu correspondent à 26 % de l'énergie totale.

2.3 Estimation des émissions environnementales potentielles

Au-delà des performances techniques, les premières observations réalisées suggèrent une réduction des émissions atmosphériques, bien qu'aucune conclusion formelle ne puisse être encore faite car les analyses des fumées n'ont pas encore été réalisées.

Dans un premier temps, on observe que l'utilisation du pyrolyseur permet d'éliminer les odeurs âcres et irritantes qui étaient émises avec la pratique ancienne de combustion directe des coques. Les opérateurs travaillent ainsi dans des conditions nettement améliorées.

Concernant la pollution atmosphérique, la figure 6 illustre les rejets observables visuellement du procédé classique de combustion directe d'une part et d'autre part du procédé de pyrolyseur installé à Savalou dans la PME Kake-5.

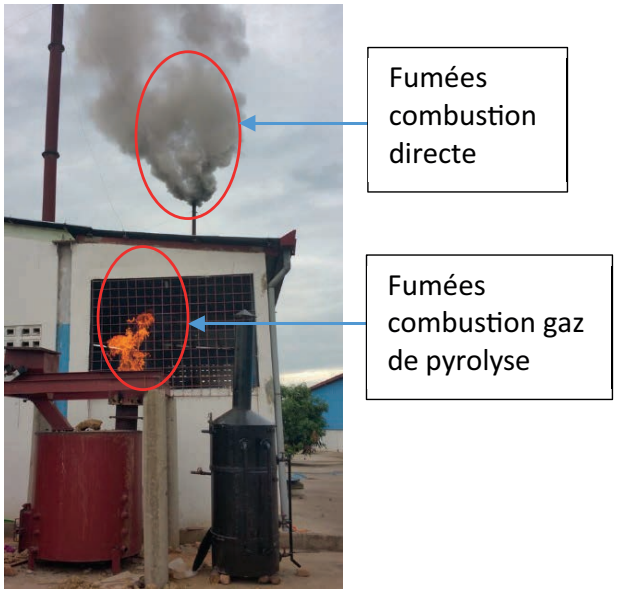

Figure 6 : Illustration de la qualité comparée des fumée de la flamme produite par le réacteur de pyrolyse et celles issue de la combustion directe des coques

Les fumées issues de l'ancien four traditionnel à combustion directe, sont épaisses et de couleur grisâtre, suggérant une combustion incomplète avec émissions de particules imbrûlées. Au niveau de la flamme de combustion des gaz issus du pyrolyseur, les fumées sont invisibles, suggérant une meilleure combustion des gaz issus de la pyrolyse des coques. Les analyses des fumées permettront de vérifier dans quelle mesure l'utilisation du pyrolyseur permet de réduire les émissions atmosphériques liées à la combustion directe des coques d'anacarde dans les usines.

3. Conclusion

Les travaux présentés dans cet article montrent que le réacteur de pyrolyse développé par le CEFREPADE et le RONGEAD, déjà utilisé au Burkina Faso, est aussi adapté aux coques d'anacarde béninoises. L'équipement permet de valoriser sous forme de gaz environ 82 % de la masse de coque traitées et produit environ 18 % de charbon. Grâce à cette valorisation, le gisement des coques produites à Nad & Co Industry a pu être réduit de 10 %. L'énergie dégagée par la flamme permet de chauffer la chaudière et d'alimenter en vapeur l'autoclave de fragilisation des coques. Des essais complémentaires sont en cours en vue de l'optimisation de la technologie et pour l'exploitation en production d'électricité du potentiel énergétique du reste de la production de coques et du gisement stocké.

doi:10.4267/dechets-sciences-techniques.3282

Remerciements

Les auteurs de cet article remercient le Programme Cadre du Développement de la filière Anacarde (ProCAD) et la Banque Mondiale au Bénin pour avoir financé le projet de valorisation des coques d'anacarde, ce qui a permis le transfert, l'installation et le suivi de deux fours de pyrolyse au Bénin.

Références bibliographiques

Anon., (2012). Etude des possibilités de valorisation des coques d'Anacarde issues des unités de transformation du Bénin. iCA/GiZ, Cotonou

Balogoun, I., Saïdou, et al. (2014). Caractérisation des Systèmes de Production à base d'anacardier dans les principales zones de culture au Benin. Agronomie Africaine, 26(1), 9-22.

Bogdan, R. et Taylor, S. J. (1975). Introduction to Qualitative Research Methods, New York, John Wiley.

Boujut, J. F., & Blanco, E. (2003). Intermediary objects as a means to foster co-operation in engineering design. Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 12(2), 205-219.

Godjo, T., Marouze, C. et al. (2003). Analysis of the use of intermediary objects involved in the design of food processing equipment in developing countries. The case of a peanut processing plant in Benin. In 2003 International CIRP Design Seminar, May 12-14, Grenoble. 2003.

Jeantet, A. (1998). «Les objets intermédiaires dans la conception. Eléments pour une sociologie des processus de conception.» Sociologie du travail n° 3/98 : p. 291-316.

Sanger S.H., Mohod A.G., Khandetode Y.P., Shrirame H.Y., Deshmukh, A. S. (2011). « Study of Carbonization for Cashew Nut Shell. » Research Journal of Chemical Sciences, 1(2), 43-55

Tagutchou J.P., (2008) : « Gazéification du charbon de plaquettes forestières : particule isolée et lit fixe continu » Thèse de Doctorat, Université de Perpignan / CIRAD Montpellier / Ecole des Mines d'Albi

Tagutchou J.P., Naquin P., (2012) : "Caractérisation et traitement thermochimique des coques d'anacarde en vue de leur valorisation énergétique dans les procédés de transformation artisanale de noix de cajou", Déchets Sciences & Techniques, Revue Francophone d'Ecologie Industrielle, vol. 62, Nov. 2012, Lyon– France

Tagutchou J.P., P. Naquin (2013) : « Etude de la faisabilité technique et environnementale de la valorisation énergétique des coques d'anacarde » ; Rapport biannuel du projet CAJOUVALOR (piloté par le RONGEAD et le CEFREPADE) ; 120p, Lyon (France), Mars 2013

Van de steene L., Tagutchou J.P., Escudero Sanz F.J., Salvador S. (2011) "Experimental and numerical study of char-H_2O, char-CO_2 and char-O_2 reactions"; Chemical Engineering Science; vol. 66, Issue 20, oct. 2011, P. 4499-4509 (10p.)