

PROPOSITION DE THESE 2021

>Réf: Avant-projet de thèse N°ED/03/2021

Titre du projet	Conception et caractérisation d'un foyer de combustion de coques d'anacarde
Mots clés	Conception, optimisation, combustion, coques d'anacarde
Contexte et enjeux	<p>Introduction : le projet et son contexte</p> <p>La production des noix d'anacarde en Afrique de l'Ouest pour la saison 2017/2018 avoisinait 336 350 tonnes métriques [1]. Les noix contiennent en moyenne 21% en masse d'amandes, 6% de pellicules et de 73% de coques brutes [2]. La production des noix génère une quantité importante de coques, qui est un sous-produit difficile à valoriser du fait qu'il contient (~20 à 30% en masse) du Cashew Nut Shell Liquid (CNSL). A petite échelle, l'extraction de ce produit organique est complexe et d'un cout élevé [3]. La gestion de ces coques est souvent problématique pour les unités de transformation qui les stockent ou les brûlent en tas ce qui génère d'importantes pollutions environnementales [4].</p> <p>Plusieurs techniques sont étudiées pour la valorisation énergétique des coques d'anacarde : la combustion directe, la pyrolyse et la gazéification [5]–[8], mais les fortes teneurs en CNSL ne permettent pas à ce jour de valoriser les coques avec un procédé efficace et propre en terme d'émissions atmosphériques. Les coques peuvent éventuellement être utilisées comme matière première pour la production des briquettes [9].</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coques des noix d'anacarde <p>Les coques possèdent une densité énergétique de 20,42 MJ/kg [5], supérieure à celle du bois (17,9 MJ/kg) [7]. Elles contiennent entre 20 - 30% (massique) de CNSL qui est un mélange de composés phénoliques, principalement le cardanol qui est un phénol mono hydroxylé avec une longue chaîne carbonée dans la métaposition. La composition en carbone, hydrogène et oxygène des coques d'anacarde (et du bois) est de 56,4% (respt. 45,7), 7,1 % (respt. 3,7) et 33,5% (respt. 44,6) [7], proche de la composition chimique du bois. Les coques d'anacarde peuvent donc constituer une alternative au bois-énergie pour des applications de production de chaleur [7]. La combustion directe de ces coques pourrait présenter des performances similaires à celles du bois.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Combustion directe des coques d'anacarde <p>La combustion constitue la voie de valorisation thermo-chimique la plus directe de la biomasse solide comme les coques d'anacarde. Des tentatives d'essais de remplacer l'usage du bois par les coques d'anacarde ont été effectuées [7]. Cependant, l'utilisation des coques d'anacarde par combustion directe dans les foyers ou chaudières conventionnelles présente</p>

	<p>une efficacité très faible [10]. En outre ces coques s'avèrent complexes à oxyder complètement du fait de leur teneur en CNSL [11], qui génère des fumées abondantes, acres et irritantes pour les yeux [3], [12]. De plus, le CNSL polymérise facilement induisant potentiellement un encrassement important des installations [7], [13].</p> <p>Par ailleurs, la production de l'anacarde nécessite un traitement thermique à la vapeur de la coque contenant la noix. Aujourd'hui, la chaleur nécessaire est produite dans des chaudières par la conversion thermochimique d'une partie des coques brutes [13]. Ces coques peuvent être pyrolysées, produisant un biochar valorisable tandis que les gaz de pyrolyse sont oxydés pour la production de chaleur. Alternativement, ces coques pourraient être brûlées totalement réduisant la quantité mobilisée. Dans les deux cas, les surplus de coques pourraient être exploités dans d'autres filières (que celle de l'anacarde) ayant des besoins thermiques. Un équipement de combustion propre de la coque d'anacarde est donc une technologie clé pour la valorisation des coques de la filière anacarde.</p> <p>Le CNSL pourrait être extrait avant la conversion thermochimique des coques. Cette solution est pratiquée dans les grandes unités industrielles ayant la capacité de valoriser le liquide extrait. Dans les plus petites unités, cette solution n'est pas envisageable actuellement et le liquide, dont le pouvoir calorifique est élevé, est valorisé thermiquement avec les coques. Il est donc important de disposer de systèmes de conversion adéquats valorisant au maximum énergétiquement les coques et le CNSL tout en limitant les inconvénients de ce dernier. Aucune solution de combustion complète satisfaisante n'est actuellement disponible au Burkina Faso.</p> <p>Cette thèse s'inscrit dans le projet BioStar (https://www.biostar-afrique.org) dont l'objectif est d'approvisionner en bioénergies durables les PME agroalimentaires au Sahel.</p>
<p>Objectifs</p>	<p>L'objectif de ces travaux de thèse vise à concevoir et expérimenter un foyer de coques d'anacarde dont l'agencement des différentes étapes de combustion sont telles que la conversion des coques est maximale tout en limitant les émissions polluantes. Le projet sera développé à l'échelle pilote tout en étant représentatif des besoins thermiques tant des installations de production d'anacarde que des autres conversions agro-alimentaires nécessitant de la chaleur.</p> <p>Plus spécifiquement, il s'agira, par l'analyse multicritère et par le développement expérimental, de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyser le processus de combustion de coques d'anacarde ; • Concevoir et tester un foyer de combustion de coques d'anacarde ; • Déterminer les conditions opératoires pour réduire la pollution de l'environnement lors de la combustion des coques d'anacarde.

Références citées

- [1] J. Mgaya, G. B. Shombe, S. C. Masikane, S. Mlowe, E. B. Mubofu, and N. Revaprasadu, "Cashew nut shell: A potential bio-resource for the production of bio-sourced chemicals, materials and fuels," *Green Chem.*, vol. 21, no. 6, pp. 1186–1201, 2019, doi: 10.1039/c8gc02972e.
- [2] T. Jean-Philippe and N. Pascale, "Caractérisation et traitement thermo-chimique des coques d'anacarde en vue de leur valorisation énergétique dans les procédés de transformation artisanale de noix de cajou," *Déchets Sci. Tech. - Rev. Francoph. d'Ecologie Ind.*, vol. N°62-2012, 2012.
- [3] A. G. Mohod, Y. P. Khandetod, and S. Sengar, "Eco-friendly utilization of parabolic concentrating solar cooker for extraction of cashew nut shell oil and household cooking," *Int. J. Sustain. Energy*, vol. 29, no. 3, 2010, doi: 10.1080/14786460903497383.
- [4] D. S. Serra et al., "Lung injury caused by exposure to the gaseous fraction of exhaust from biomass combustion (cashew nut shells): a mice model," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 27, no. 9, 2020, doi: 10.1007/s11356-019-07576-8.
- [5] R. Muthu Dineshkumar, K. M. Meera Sheriffa Begum, and A. Ramanathan, "Comprehensive characterization of cashew nutshell for biomass gasification," *Mater. Today Proc.*, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.10.932.
- [6] T. Godjo, J.-P. Tagutchou, P. Naquin, and R. Gourdon, "Valorisation des coques d'anacarde par pyrolyse au Bénin," *Déchets, Sci. Tech.*, no. N°70, 2015, doi: 10.4267/dechets-sciences-techniques.3282.
- [7] N. Tippayawong, C. Chaichana, A. Promwangkwa, and P. Rerkkiangkrai, "Gasification of cashew nut shells for thermal application in local food processing factory," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 15, no. 1, 2011, doi: 10.1016/j.esd.2010.10.001.
- [8] N. L. Panwar, "Design and performance evaluation of energy efficient biomass gasifier based cookstove on multi fuels," *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.*, vol. 14, no. 7, 2009, doi: 10.1007/s11027-009-9187-4.
- [9] M. Sawadogo, S. Tchini Tanoh, S. Sidibé, N. Kpai, and I. Tankoano, "Cleaner production in Burkina Faso: Case study of fuel briquettes made from cashew industry waste," *J. Clean. Prod.*, vol. 195, pp. 1047–1056, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.261.
- [10] R. N. Singh, U. Jena, J. B. Patel, and A. M. Sharma, "Feasibility study of cashew nut shells as an open core gasifier feedstock," *Renew. Energy*, vol. 31, no. 4, pp. 481–487, 2006, doi: 10.1016/j.renene.2005.04.010.
- [11] S. K. Kyei, O. Akaranta, G. Darko, and U. J. Chukwu, "Extraction, Characterization and Application of Cashew Nut Shell Liquid from Cashew Nut Shells," *Chem. Sci. Int. J.*, 2019, doi: 10.9734/csji/2019/v28i330143.
- [12] S. A. Mehetre, S. H. Sengar, N. L. Panwar, and J. S. Ghatge, "Performance Evaluation of Improved Carbonized Cashew Nut Shell Based Cookstove," *Waste and Biomass Valorization*, vol. 7, no. 5, pp. 1221–1225, 2016, doi: 10.1007/s12649-016-9497-1.
- [13] T. Chungcharoen and N. Srisang, "Preparation and characterization of fuel briquettes made from dual agricultural waste: Cashew nut shells and areca nuts," *J. Clean. Prod.*, vol. 256, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120434.

Approche et Résultats attendus	<p>À la suite de ces travaux de recherche, les résultats attendus sont entre autres :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un modèle qui permette de comprendre la cinétique d'oxydation des coques d'anacarde. • Un modèle de foyer basé sur une optimisation de l'hygiène de combustion • Une comparaison des résultats obtenus avec le modèle et ceux des tests expérimentaux sur le foyer prototype ; • La détermination des conditions opératoires pour réduire la pollution de l'environnement lors de la combustion des coques d'anacarde <p>D'un point de vue économique, ces résultats devraient contribuer à améliorer les revenus des unités de transformation d'anacarde grâce à l'utilisation du foyer conçu et testé.</p>
Laboratoire d'accueil	<p>Cette thèse sera réalisée au Laboratoire Énergies Renouvelables et Efficacité Énergétique (LabEREE) de 2iE, Ouagadougou – Burkina Faso</p>
Direction et Encadrement	<p>Directeur de thèse : Dr Sayon dit Sadio SIDIBE, Institut 2iE</p> <p>Comité d'encadrement Dr. Joel BLIN, CIRAD Pr. Hervé JEANMART, UCLouvain Dr. Laurent VAN DE STEENE, CIRAD</p>
Date de démarrage	<p>4 octobre 2021</p>
Durée	<p>3 ans</p>
Profil du candidat	<ul style="list-style-type: none"> • Master recherche en sciences et technologies ; • Très bon niveau dans le domaine des Énergies et des Énergies renouvelables (Combustion, Transfert thermique, Thermodynamique, Mécanique des fluides, Phénomène de transport, Phénomène critique) ; • Très bonnes connaissances des outils de modélisation en combustion et en pyrolyse ; • Bonne capacité d'analyse et d'interprétation de résultats ; • Bonne connaissance et goût des travaux dans le laboratoire (ATG, four tubulaire, Combustion, Pyrolyse...) ; • Être apte à faire des travaux pratiques et des sorties de terrain ; • Être capable de travailler sous pression ; • Autonome, dynamique, bon relationnel ; <p>Bonne maîtrise de l'anglais (parlé, écrit et lu) indispensable.</p>

Pour postuler

Le dossier de candidature doit comprendre :
Une lettre de motivation
Un curriculum vitae
Une photocopie du diplôme de Master ou équivalent
Les photocopies des relevés de notes du Master ou équivalent
Le rapport de mémoire de Master

Procédure de sélection :

- Présélection sur dossier
- Entretien de personnalité

Les candidatures se font exclusivement en ligne à l'adresse suivante :

<http://cac.2ie-edu.org/lime123/index.php/197528/lang/fr/newtest/Y>

Le délai pour le dépôt des candidatures est fixé au **27 septembre 2021 à 15h00 GMT.**

Aucun dossier physique ou envoyé par email ne sera recevable.

Pour tout renseignement contacter : **Mme Nadège Obi KAM**

Tél: (226) 25 49 28 00, Poste 1531

E-mail: nadege.kam@2ie-edu.org