

PRE-ETUDE DE VALORISATION ENERGETIQUE DE COQUES D'ANACARDE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DE MASTER EN ENERGIE OPTION BIOMASSE ENERGIE ET
BIOCARBURANTS
INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT (ZiE)



Présenté et soutenu publiquement le 16 Juin 2010 par :
Auguste ETTIEN

TRAVAUX DIRIGES PAR :

Dr. Joël BLIN
Ing. FON Julius
UTER Génie Energétique et Industriel (GEI)

MEMBRE DU JURY:

Président : Pr. Yézouma COULIBALY
Dr. Sébastien DJENONTIN
Ing. Julius FON
Ing. Henri KOTTIN

CITATION

« L'humanité pourrait se passer de l'esclavage, si les navettes tournaient seules »

Aristodes 384 av. J.-C.

REMERCIEMENTS

Le Célèbre philosophe grec **Socrates** disait en son temps :

« Ce que je sais, c'est que je ne sais rien ».

De cette pensée, il ressort que l'humilité est le début de la quête du savoir.

Ainsi je pense que le moment est venu pour moi d'exprimer mes sincères gratitude et reconnaissances au personnel de la **Fondation 2iE** (Ex Groupe des Ecoles EIER-ETSHER) qui n'a ménagé aucun effort de nous permettre d'acquérir les connaissances indispensables pour notre formation afin d'affronter les rudes réalités du monde du travail.

Je remercie particulièrement les responsables de la filière de formation **Master 2 Energie** du 2iE qui ont usé de leurs expertises et relations pour que les stages commencent le plus tôt que prévu pour la tenue de la durée de quatre (04) mois de stage recommandée par les gardiens du système LMD.

Je ne peux oublier mes deux encadreurs principaux que sont messieurs **Joël BLIN** et **Julius FON** qui ont fait preuve de sincérités et de partage de connaissances afin que je puisse fournir le meilleur de moi-même pour un travail technique et professionnel bien fait malgré les contraintes de toutes natures qui se sont présentées à moi.

Je ne peux terminer sans remercier ma famille qui ne cesse de prier pour ma réussite à Ouagadougou et tous ceux qui m'ont aidé à traverser cette dernière année académique la plus difficile de ma vie au 2iE pour cause de bourse non renouvelée à temps. Pour cela, Je tiens à remercier particulièrement madame **EDME ABOUATTIER**, Directrice de l'Enseignement Supérieur de la République de Côte d'Ivoire et monsieur **Kouassi Mikael**, ex. comptable de la société minière **BANLAW**.

AVANT PROPOS

Le 2iE est une institution académique installée en Afrique de l'Ouest et connue comme une référence en matière de formation professionnelle en Afrique.

Il forme des Etudiants capables d'intervenir dans le domaine de :

- Energies Renouvelables, Froid et Procédés Industriels ;
- Topographie et Voirie ;
- Aménagements hydrauliques ;
- Alimentation en eaux, Environnement, Infrastructure ;
- Aménagements de bassins versants, Technologie et Maintenance ;
- Assainissement et Environnement.

Les Diplômés du 2iE exercent dans le secteur privé et les services publics, s'intègre facilement dans le monde du travail et font leurs preuves dans plusieurs secteurs d'activités.

Résumé

Dans le Sud-ouest et à l'Ouest du Burkina ces dernières années, il y a eu un grand progrès de la filière anacarde avec le nombre d'anacardiens dépassants les manguiers jadis premier arbre fruitier de la région. Cela s'explique par la préférence croissante de la culture des anacardiens du fait des avantages de conservation des noix de cajou comparativement à la mangue. Tirer une valeur ajoutée de ce potentiel qui existe de manière indéniable au Burkina vise une augmentation de la transformation locale et une amélioration de la compétitivité pour augmenter et diversifier l'export. L'amélioration de la compétitivité passe par la valorisation des sous-produits, d'autant plus que la transformation est énergétivore. Il est donc nécessaire d'accompagner les unités de transformation vers une plus grande efficacité énergétique via la revalorisation de sous-produits inutilisés du processus de transformation. Ce mémoire présente les résultats des travaux effectués sur la caractérisation de coques d'anacarde pour leur valorisation énergétique par la méthode de combustion directe. Leurs propriétés physico-chimiques et teneur en baume ont été déterminées au Laboratoires Biomasse Energie et Biocarburant du 2iE suivant les protocoles dudit laboratoire. Une étude comparative entre l'équivalent en bois des coques d'anacarde produites et la quantité de bois utilisés par trois unités (03) de transformation de la région des cascades au Burkina Faso, a été menée dans un souci de réduction de la consommation de bois pour la transformation des noix de cajou dans les unités. Les valeurs trouvées ont été discutées par rapport à d'autres études qui ont porté sur le même type de biomasse. La coques d'anacarde se présente comme un bon remplaçant du bois de chauffe dans les unités de transformation à une seule condition que ces dernières subissent une combustion convenable pour ne pas nuire à l'environnement et les hommes.

Mots clés

Coques d'anacarde, baume de cajou, valorisation énergétique, combustion, extraction.

Abstract

In the South-West and Western parts of Burkina Faso in recent times, very remarkable progress has been made in the cashew sector with cashew trees currently outnumbering mango trees initially known as the first fruit tree of the region. This can be explained by the growing interest in cashew trees thanks to the relative ease of conservation of cashew nuts as opposed to mangoes. In order to valorize this irrefutable potential in Burkina Faso it is worthwhile to increase local production and ameliorate upon competitiveness in order to increase and diversify export. The amelioration of competitiveness is principally boosted by the valorization of unused byproducts of the transformation process. This thesis presents the results of cashew nut characterization for valorization as energy material through direct combustion. The physicochemical properties and Cashew Nut Shell Liquid content were evaluated in the Biomass Energy and Biofuel Laboratory using this laboratory's analytical procedures. A comparative study was carried out to evaluate the equivalence of used wood to cashew shells produced for three chosen transformation units in Burkina Faso. The results obtained were discussed while taking into consideration results obtained from other similar studies. Cashew shells prove to be a good replacement for wood in the production units, but on the condition that the shells are subjected to a convenient form of combustion that protects both the environment and humans in the vicinity.

Key words

Cashew Nut Shell, Cashew Nut Shell Liquid, energy recovery, combustion, extraction.

LISTE DES ABREVIATIONS

ONU : Organisation des Nations Unis

FMI : Fonds Monétaire International

PNUD : Programme des Nations Unis pour le Développement

GTZ : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

LBEB : Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburant

PDA : Projet de Développement Agricole

CNSL : Cashew Nut Shell Liquid

CNKO: Cashew Nut Kernel Oil

CO₂: Dioxide de Carbone

MJ: Méga Joules

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

Sommaire

CITATION	ii
REMERCIEMENTS	iii
AVANT PROPOS	iv
Résumé	v
Mots clés.....	v
Abstract	vi
Key words.....	vi
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES FIGURES	xii
INTRODUCTION.....	1
JUSTIFICATIFS DU PROJET	2
OBJECTIFS DU PROJET.....	3
1. GENERALITES	4
1.1 Définition.....	4
1.2 Usages des produits de l'anacardier	4
1.2.1 L'usage alimentaire et médicinal.....	4
1.2.2 L'usage social.....	6
1.3. Situation actuelle de la filière anacarde au Burkina Faso.....	6
1.3.1. Transformation	6
1.3.2. Commercialisation.....	7
1.3.3 Les limites de la filière au Burkina Faso	8
2. Etat de l'art	9
2.1. Valorisation énergétique des coques d'anacarde.....	9
2.1.1. Voies de valorisation énergétique des coques	9
2.2. Méthodes d'extraction du baume de cajou	9
2.2.1. Procédés d'extraction à bain de baume de cajou chaud.....	9
2.2.2. Procédé d'extraction par torréfaction rapide	9
2.2.3. Procédés d'extraction à la vapeur surchauffée	9
2.2.4. Procédés d'extraction au CO ₂ supercritique	10
2.2.5. Procédés d'extraction aux solvants.....	10
3. Problématique.....	11
4. Voie de valorisation des coques et le procédé adéquat d'extraction du baume de cajou	11
4.1. Voie de valorisation des coques	11
4.1.1. Choix de la technologie de combustion.....	11
4.2. Choix du procédé adéquat d'extraction du baume	11

5.	Matériels et méthode	11
5.1.	Matériels	11
5.1.1.	Matériel biologique.....	11
5.1.2.	Matériel de Labo.....	11
5.2.	Méthode.....	12
6.	Résultats et discussions	13
6.1.	Résultats	13
6.1.1.	Analyses immédiates	13
6.1.2.	Analyses physiques.....	15
6.1.3.	Extraction	15
6.1.4.	Potentiel annuel de coques produites dans trois (03) unités de transformation	16
6.1.5.	Quantité annuelle de bois utilisés dans trois (03) unités de transformation	16
6.1.6.	Equivalent en bois des coques produites par les unités de transformation	17
6.1.7.	Comparaison quantité annuelle de bois utilisés et équivalent en bois des coques produites.....	17
6.2.	Discussions	18
6.2.1.	Composition chimique.....	18
6.2.2.	Composition physique	18
6.2.3.	Teneur en baume des coques	18
6.2.4.	Quantité de bois utilisés et équivalents en bois des coques produites	19
7.	Difficultés rencontrées.....	20
8.	Conclusions	21
9.	Recommandations et perspectives.....	22
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	23
	Annexes	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Résultats des essais d'extraction..... 15

Tableau 2 : Quantité annuelle de coques produites par unité de transformation..... 16

Tableau 3: Quantité annuelle de bois utilisés par unité de transformation 16

Tableau 4: Equivalent en bois des coques produites annuellement 17

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Les étapes de la transformation de la noix de cajou</i>	6
<i>Figure 2 : Schéma d'extraction du baume CO₂ supercritique</i>	10
<i>Figure 3 : Résultats des analyses immédiates.</i>	13
<i>Figure 4 : Synthèse résultats des analyses immédiates.</i>	14
<i>Figure 5 : Résultats de la détermination des pouvoirs calorifiques.</i>	15
<i>Figure 6 : Quantité de bois utilisés et équivalent en bois de coques</i>	17

INTRODUCTION

En ce début de troisième millénaire, un des défis majeurs auquel est confrontée la communauté internationale demeure celui de la lutte contre la pauvreté dans le monde rural. A travers le monde, en effet, des centaines de millions de personnes, surtout en Afrique sub-saharienne, vivent en dessous du seuil de pauvreté. Pour cette raison, des organismes internationaux comme l'ONU, la Banque Mondiale, le FMI, le PNUD, et la GTZ ont fait de la lutte contre la pauvreté en milieu rural leur cheval de bataille. La Fondation 2iE qui est un institut par excellence en matière de recherche et de formation en ingénierie pour le développement de l'Afrique, apporte une contribution remarquable dans cette lutte en apportant des solutions concrètes aux contraintes techniques qui minent le développement de nos pays. Ces contraintes sont entre autres :

- Le manque d'énergie pour l'industrialisation à l'échelle moyenne comme en grande échelle;
- Le manque de techniques pour la transformation et la valorisation des ressources naturelles ;
- Les difficultés liées à l'écoulement des produits agricoles ;
- Les difficultés d'accès à l'eau potable et aux services de base ;
- Etc.

Ainsi le Laboratoire de Biomasse Energie et Biocarburant de 2iE (LBEB-2iE), en collaboration avec la GTZ, soucieux de tirer une valeur ajoutée aux sous produits issus de la transformation artisanale des noix de cajou de la région des hauts bassins et des cascades et d'améliorer la compétitivité de la filière anacarde au Burkina Faso, ont initié le projet qui est l'objet de ce présent mémoire dont le thème est :

« Pré-étude de valorisation énergétique de coques d'anacarde des unités de transformation ».

L'étude du thème a consisté à :

- L'évaluation du potentiel de coques d'anacarde des zones productrices de la province de Banfora ;
- L'analyse de besoins énergétiques des unités de transformation ;
- Proposer la meilleure voie de valorisation énergétique des coques ;
- Proposer une méthode adéquate d'extraction du baume des coques ;
- Dimensionner et adapter des fours et/ou des chaudières mixtes coques/bois économes.

Cette étude a été réalisée selon la démarche méthodologique suivante :

- Une étude bibliographique ;
- Un audit énergétique des unités de transformation ;
- Des analyses des coques au laboratoire LBEB ;
- Dimensionnement et proposition d'amélioration énergétique des systèmes de transformation existants.

JUSTIFICATIFS DU PROJET

Aujourd'hui, des régions entières du Burkina sont productrices d'anacarde. Les statistiques provenant des responsables GTZ de la promotion de la filière anacarde au PDA, montrent qu'il y a au Sud-ouest et à l'Ouest du Burkina, plus d'anacardiens que de manguiers. Cela s'explique par la préférence croissante de la culture des anacardiens du fait des avantages de conservation des noix de cajou comparativement à la mangue. Tirer une valeur ajoutée de ce potentiel qui existe de manière indéniable au Burkina vise une augmentation de la transformation locale et une amélioration de la compétitivité pour augmenter et diversifier l'export. L'amélioration de la compétitivité passe par la valorisation des sous-produits, d'autant plus que la transformation est énergétivore. Il est donc nécessaire d'accompagner les unités de transformation vers une plus grande efficacité énergétique via la revalorisation de sous-produits inutilisés du processus de transformation. Il s'agit plus spécifiquement ici de valoriser les coques d'anacarde comme combustible en substitution partielle ou totale du bois de chauffe qui fragilise considérablement les ressources forestières. Cette action va non seulement favoriser un gain de compétitivité pour la vente d'amandes en réduisant les coûts globaux de transformation, mais va directement faciliter l'accès énergétique domestique et villageois et promouvoir la diversification des revenus de la filière par la vente de combustibles domestiques en réseau local.

OBJECTIFS DU PROJET

Les objectifs visés par ce projet sont entre autres :

- La diminution de l'utilisation de la ressource bois dans le processus de transformation des noix de cajou qui est un facteur de dégradation de l'environnement ;
- La réduction de la dépendance énergétique de la filière vis-à-vis de la ressource bois ;
- La valorisation des coques qui constituent aujourd'hui des déchets agricoles inexploités ;
- L'amélioration des conditions de vie des populations de ces zones par la diversification et l'augmentation de leurs revenus ;
- L'amélioration de la compétitivité de la filière anacarde au Burkina Faso en réduisant les coûts globaux de transformation.

1. GENERALITES

1.1 DEFINITION

L'acajou ou l'anacardier (*Anacardium occidentale L.*) est un arbre à feuillage persistant rameuse qui trace son origine aux Indiens Tupi du Nord du Brésil [1]. L'anacardier tolère une large gamme de type de sol et de conditions climatiques. Il peut pousser sur des sols acides aux sols pauvres. Il accepte les cultures intercalaires jusqu'à l'âge adulte, ce qui permet de réduire les frais d'entretien. Les sols meubles profonds et bien drainés conviennent à la plante. Du point de vue chimique, il est souhaité des sols pourvus de calcium et moins riches en potassium. L'anacardier pousse entre 0-1000 mètres d'altitude, sous une pluviométrie annuelle de 500 à 1800 mm répartie sur 4 à 8 mois. Il exige, pour la fructification, une bonne insolation sur sa couronne, une saison sèche bien marquée (4 à 6 mois) et une faible humidité de l'air (inférieure à 80 %). C'est pour cela que l'éclaircissage et la taille des branches sont les plus importantes des opérations d'entretien de la plante. Il convient par excellence pour le climat semi-aride tropical. La production des fruits démarre entre 3 et 5 ans à partir de la date de mise en place de la culture et ce jusqu'à l'âge de 30 à 40 ans. La productivité varie au Burkina entre de 500 à 900 kg/ha de noix de cajou. Le fruit de l'anacardier est composé de deux sous produits. A savoir la pomme (le faux fruit) et la noix de cajou. Il existe plusieurs variétés de d'anacarde. Mais de façon générale, la masse de la pomme appelée souvent le faux fruit représente environ 90% de la masse totale du fruit [1]. La noix de cajou qui est présentement la partie la plus exploitée du fruit en ce qui concerne nos pays africains, ne représente que 10% de la masse totale [1]. Cette noix est essentiellement constituée d'une amande qui fait environ 20 à 30% et de la coque qui représente 70 à 80% de la masse [8]. La coque est constituée de la coquille (Shell) qui représente environ 75 à 80% en masse et du baume [9]. La valorisation énergétique de la coque d'anacarde passe nécessairement par la valorisation énergétique de la coquille et du baume qui sont restés jusque là inexploités et qui forment des monticules dans les zones productrices du Burkina Faso.

1.2 USAGES DES PRODUITS DE L'ANACARDIER

1.2.1 L'usage alimentaire et médicinal

➤ La pomme de cajou

La pomme de cajou ou le faux fruit se compose d'une masse, charnue, aromatique et sucrée. Elle a les usages suivants :

- Enrichissement de aliments : Elle est riche en glucides, en protéines et contient de l'acide ascorbique facilement digestible ;
- Fabrication de la confiture avec la pulpe ;
- Fabrication d'aliment de bétail avec la pomme séchée.

➤ **L'amande de cajou**

Elle a une teneur faible en graisse insaturée. Les principaux usages sont :

- Utilisation comme « amuse gueule » : les amandes torréfiées salées ou non est la forme d'utilisation la plus répandue ;

Fabrication des huiles (CNKO, Cashew Nut Kernel Oil) pour la consommation humaine ou animale. Cette huile à grande valeur biologique est comparable à l'huile d'olive ou de soja ;

- Possibilité de fabriquer du beurre de cajou ;
- Usage médicinal divers.

➤ **Le mésocarpe**

Il y est extrait le baume de cajou ou CNSL (Cashew Nut Shell Liquid). Cette huile essentielle est dense, visqueuse et riche en matières phénoliques. Après polymérisation, elle permet divers usages industriel et artisanal :

- Vernis ;
- Protection des métaux ;
- Isolant électrique ;
- Garniture de freins ;
- Pesticides ;
- Anti émulsionnant ;
- Solvant, etc.

➤ **L'écorce**

Elle contient du tanin (4 à 9%). Elle permet :

- Le tannage ;
- La préparation d'encre indélébile ;
- La fabrication du métal d'apport pour la soudure des métaux grâce à sa teneur en cardol et en acide anacardique.

➤ **Le bois**

Le bois sec de l'anacardier peut servir à la fabrication des caisses d'emballage.

➤ **La gomme**

Elle a des propriétés pouvant servir à la préparation d'adhésif.

1.2.2 L'usage social

L'arbre produit une ombre épaisse pour le repos. La teneur en potassium des cendres permet leur utilisation pour les amendements du sol. Toutes ces potentialités des produits de l'anacardier permettent, aux pays producteurs (des pays du Sud) de fournir aux pays industrialisés des produits semi-finis à haute valeur commerciale pour contribuer à lutter contre la pauvreté [1].

1.3. SITUATION ACTUELLE DE LA FILIERE ANACARDE AU BURKINA FASO

1.3.1. Transformation

a) Les étapes de la transformation

Au Burkina, l'anacarde est produit essentiellement pour la commercialisation de la noix brute sur un marché informel. Cependant l'amande torréfiée connaît un regain d'intérêt, car de plus en plus consommée localement. Les unités de transformation sont essentiellement des ateliers de décorticage artisanal des zones de production.

Les grandes étapes de la transformation sont :

- Le lavage des amandes de cajou déjà séchés ;
- Le décorticage des noix de cajou lavées pour recueillir les amandes ;
- La torréfaction des amandes.

Les étapes d'une transformation complète des produits noix de cajou sont résumées par la figure 1 :

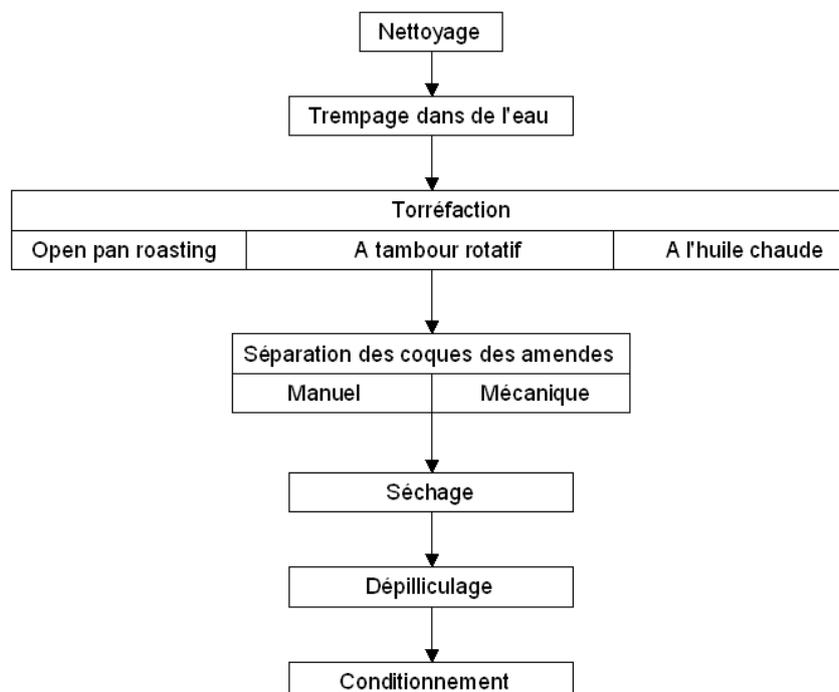


Figure 1: Les étapes de la transformation de la noix de cajou

Source : S.O. Jekayinfa et A.I. Bamgboye, 2006.

b) Energie de transformation

D'après les résultats des travaux de **S.O. Jekayinfa et A.I. Bamgboye** faits sur trois catégories d'usines de transformation de noix de cajou, à savoir les petites, moyennes et grandes unités de transformation ; la quantité totale d'énergie de transformation de noix de cajou varie entre 0,21 et 1,161 MJ/Kg. L'énergie électrique varie entre 0,0052 et 0,029 MJ/Kg, tandis que l'énergie thermique varie entre 0,085 à 1,064 MJ/Kg. Les deux opérations à forte intensité énergétique identifiés dans la transformation de noix de cajou sont le séchage et la torréfaction de noix de cajou. L'énergie des deux opérations représente plus de 85% de la consommation totale d'énergie dans les trois catégories d'usine. Selon toujours les mêmes travaux, l'énergie thermique, obtenue à partir de carburant diesel, représente environ 90% du coût unitaire d'énergie de transformation de noix de cajou [7].

1.3.2. Commercialisation

A l'heure actuelle seule la noix d'acajou est exploitée au Burkina Faso. Les producteurs ramassent les noix, longtemps après leur chute, selon le temps disponibilité. La qualité est alors affectée et les pertes à la récolte sont élevées à cause de la consommation des animaux domestiques et sauvages. Les noix ramassées sont plus ou moins bien séchées, avant d'être stockées, en attendant l'arrivée d'un commerçant occasionnel pour l'achat. Les femmes interviennent de façon prépondérante dans les opérations de collecte et de préparation à la commercialisation des noix. Ce qui leur procure des sources de revenus.

Les noix du Burkina sont exportées vers la Côte d'Ivoire, le Togo, le Ghana et en France. En l'absence de structures de collecte et de commercialisation, les acheteurs viennent des pays voisins, car les zones de production sont proches des frontières. De ce fait l'essentiel de la production échappe aux données statistiques douanières [1].

On assiste, heureusement, à une émergence d'opérateurs dans le domaine de la collecte, de la transformation et de la commercialisation. Les normes qualités utilisées sont celles des pays acheteurs, notamment les clients d'Europe. Les analyses sont généralement menées dans les laboratoires de leur choix.

Les paramètres les considérés sont : le poids, nombre de graines au kilogramme, les taux de produits moisiss, pourris et immatures [1].

1.3.3 Les limites de la filière au Burkina Faso

D'après le rapport de **M. SON Gouyahali et Mme TRAORE Salimata [1]**, sur la filière anacarde au Burkina, elle souffre des maux suivants:

- L'absence d'appui conseil aux planteurs (piquetage, technique de plantation ou de semis, le choix de la bonne semence, entretien et les pratiques de ramassage et séchage. Ces dernières opérations influencent la qualité des noix ;
- Les difficultés d'accès aux financements pour les femmes et les jeunes pour l'investissement de base (défrichage, fumure et acquisition des semences de qualité, petit matériel de forage des trous) ;
- Le manque d'organisation du réseau de collecte ;
- L'insuffisance du fonds de roulement ;
- La méconnaissance du marché d'exportation ;
- Le manque d'équipements appropriés, de savoir faire et de notions primaires de l'assurance qualité (récoltes, séchage, triage-calibrage, conditionnement, décorticage mécanisé).

2. Etat de l'art

2.1. Valorisation énergétique des coques d'anacarde

2.1.1. Voies de valorisation énergétique des coques

Les coques d'anacarde étant des biomasses de type solide, les voies possibles de leur valorisation sont :

- La combustion directe des coques comme combustibles dans des fours, chaudières ou foyers;
- La gazéification des coques pour obtenir des combustibles gazeux ;
- La pyrolyse des coques pour obtenir du charbon et l'huile [17].

Il est possible aussi d'utiliser la voie de briquetage des coques avec d'autres combustibles agricoles pour obtenir un combustible densifié à haute valeur énergétique.

Toutes ces voies thermochimiques de valorisation des coques d'anacarde nécessitent l'extraction du baume qu'elles renferment. Pour la simple raison que leur combustion dégage des fumées acides nocives pour l'Homme et l'Environnement.

2.2. Méthodes d'extraction du baume de cajou

2.2.1. Procédés d'extraction à bain de baume de cajou chaud

Ce procédé consiste à tremper les coques dans de l'eau à 20-25°C pour ramener leur teneur en humidité à 7-10%. Ensuite les faire suivre un traitement à la vapeur pour ouvrir leurs pores. Enfin les trempées dans du baume de cajou chaud à 170-190°C pendant environ deux (02) minutes.

On obtient un **taux d'extraction de 40 à 50%** environ [10-11].

2.2.2. Procédé d'extraction par torréfaction rapide

Ce procédé consiste à soumettre les noix à un changement brusque de température dans l'ordre de la température de carbonisation (300°C). Cette variation brusque produit une pression explosive dans la structure cellulaire des coques de sorte que le baume est forcé à suinter hors de la coque. On obtient un **taux d'extraction de 30%** au maximum avec cette méthode [10-11].

2.2.3. Procédés d'extraction à la vapeur surchauffée

Les noix de cajou sont emballées dans un récipient fermé et exposé à la vapeur surchauffée à une température allant de 150 à 300°C (270°C est recommandé). Sous l'effet de cette température, le baume s'échappe des coques et se mélange à la vapeur. Il est recueilli par condensation du mélange baume vapeur d'eau. Le baume résiduel des fragments de coque obtenu après extraction à chaud ou à froid, peuvent encore être extraites en pressant les fragments de 175-250°C. Le liquide issu des fragments de coques peut également être extrait par les solvants comme le benzène, le toluène, l'hydrocarbure de pétrole ou de l'alcool [10-11].

2.2.4. Procédés d'extraction au CO₂ supercritique

Ce procédé consiste à pomper du CO₂ à haute pression (30 bars) dans une enceinte fermée contenant les coques d'anacarde pendant environ une (01) heure. L'augmentation de la température augmente la solubilité du CO₂ et l'amène à pénétrer dans les coques pour atteindre le baume de cajou contenu dans les coques. Cette surpression dilate les cellules des coques. Au bout d'une (01) heure, la pression est relâchée et la solubilité du CO₂ baisse. Cette baisse entraîne l'expansion et la rupture des membranes des coques qui crée l'extraction du baume. Cette méthode conduit à **un rendement théorique de plus de 70 à 94%** [9-10].

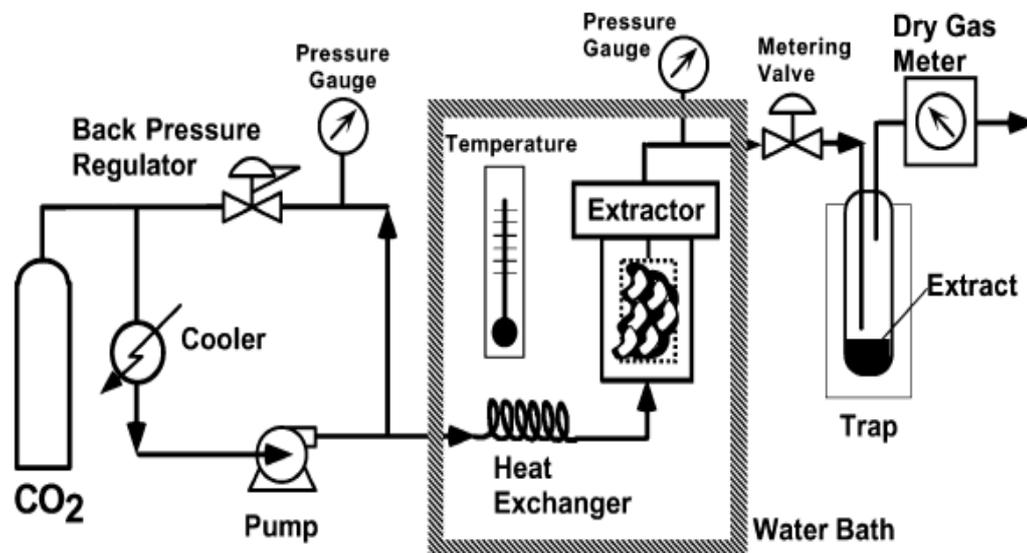


Figure 2 : Schéma d'extraction du baume CO₂ supercritique

Source: R.L. Smith Jr., R.M. Malaluan, W.B. Setianto, H. Inomata, K. Arai, October 2002.

2.2.5. Procédés d'extraction aux solvants

Les solvants utilisés sont entre autres le tétrachlorure de carbone, l'éther de pétrole, l'éther éthylique, le benzène ou le toluène. Ce procédé consiste à découper ou broyer les coques et les tremper dans du solvant pendant plus de 22 heures. On obtient des rendements de **moins de 20 à 25%**. Il nécessite une grande quantité de solvants [10].

3. Problématique

La difficulté de la valorisation des coques d'anacarde peut se résumer en trois points essentiels :

- Leur combustion directe présente la difficulté du dégagement de gaz acides nocifs à l'environnement et l'inefficacité des chaudières et fours utilisés pour les transformations ;
- Le briquetage nécessite un apport de combustibles, de travail et d'énergies supplémentaires;
- Les différentes voies de valorisation sont limitées par la non maîtrise des procédés d'extraction du baume contenu dans les coques.

4. Voie de valorisation des coques et le procédé adéquat d'extraction du baume de cajou

4.1. Voie de valorisation des coques

De ce qui précède, et compte tenu des réalités présentes de la filière anacarde au Burkina, nous optons pour la combustion directe des coques comme voie de valorisation énergétique pour la suite de l'étude.

4.1.1. Choix de la technologie de combustion

Les technologies de combustion existantes sont :

- Lits fixes ;
- Lits mobiles ;
- Lits fluidisés ;
- Bruleurs à charbon pulvérisé.

Les chaudières à lit fluidisé seront utilisées pour le dimensionnement du type de brûler.

4.2. Choix du procédé adéquat d'extraction du baume

Nous utiliserons le procédé d'extraction aux solvants.

5. Matériels et méthode

5.1. Matériels

5.1.1. Matériel biologique

- Echantillon de coques d'anacarde

5.1.2. Matériel de Labo

- Des balances (balance XT 220A, précision 0,0001 ; balance ACCULAB, Vic 10Kg) ;
- Etuve 105-110°C ;
- Des fours (Four à moufle Hareaus ; Vectstar FURNACES ;
- Calorimètre adiabatique;
- Extracteur soxhlet ;
- Evaporateur rotatif (Rotavapor Büchi R-200) ;
- Broyeur à couteaux Retsch SM100 ; Analyseur de gaz;
- Verreries.

5.2. Méthode

La méthode préconisée pour la suite de l'étude est la suivante:

- **Analyses physico chimiques :**
 - Des coques ;
 - Du baume ;
 - Des gaz de combustion.
- **Audit énergétique des unités de transformation :**
 - Recensement des équipements électriques et thermiques des unités de transformation ;
 - Evaluation des consommations électriques et thermiques des unités de transformation ;
 - Evaluation du potentiel de coques des unités de transformation ;
 - Evaluation de la quantité de gaz à effet de serre produits par les unités de transformation.
- **Combustion des coques :**
 - Combustion des coques sans extraction du baume ;
 - Combustion des coques après extraction du baume ;

6. Résultats et discussions

6.1. RESULTATS

6.1.1. Analyses immédiates

a) Propriétés chimiques

La détermination des propriétés chimiques de notre biomasse à savoir les coques d'anacarde a consisté à évaluer son taux d'humidité, son taux de matières volatiles, son taux de cendres suivant les protocoles propres au Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburant du 2iE. La connaissance des teneurs en matières volatiles et en cendres de notre biomasse nous ont permis de déduire sa teneur en carbone fixe selon l'équation suivante :

$$Cf = 100 - (C + A)$$

Avec :

Cf : Teneur en carbone fixe ;

C : Teneur en matières volatiles ;

A : Teneur en cendres.

Les valeurs de ces paramètres chimiques sont données par la figure suivante :

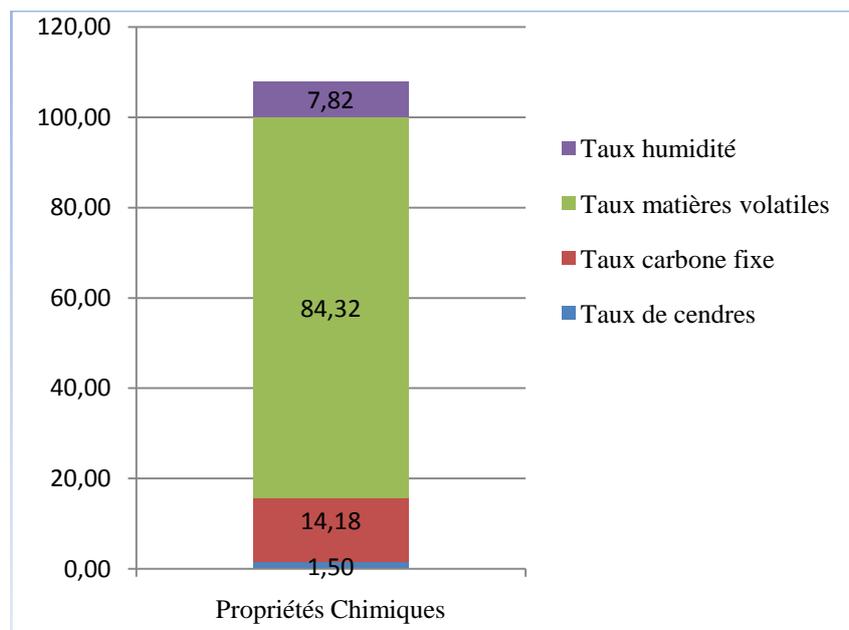


Figure 3 : Résultats des analyses immédiates.

b) Teneur en matières sèches

La connaissance de la teneur en eau ou le taux d'humidité de notre biomasse nous a permis de déduire sa teneur en matières sèches suivant la formule :

$$\text{Teneur en matières sèches} = 100 - \text{Taux d'humidité}$$

La valeur de la teneur en matières sèches est donnée par la figure suivante :

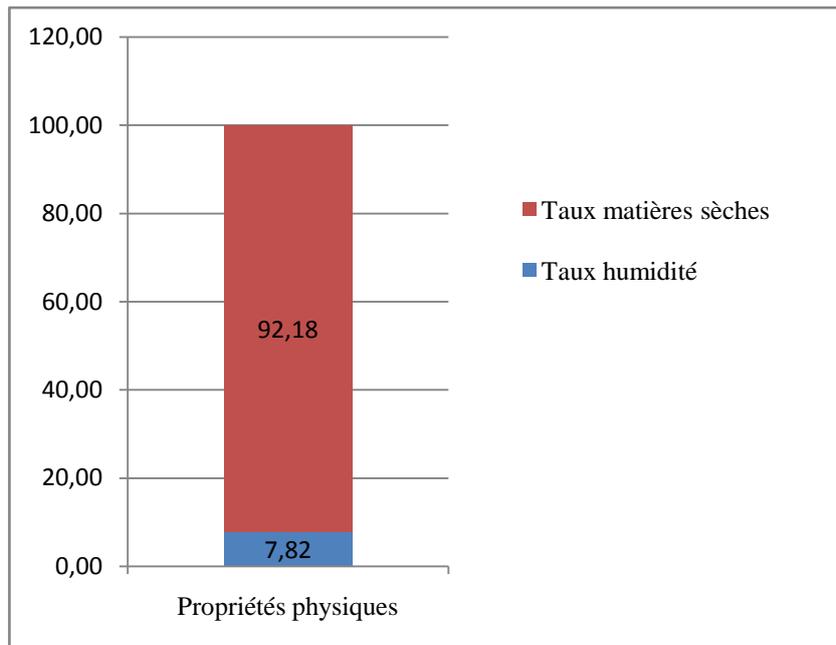


Figure 4 : Synthèse résultats des analyses immédiates.

6.1.2. Analyses physiques

La détermination des propriétés physiques de notre biomasse a consisté à évaluer d'abord le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du baume contenu dans les coques, ensuite celui des coques brutes et enfin le pouvoir calorifique des coques déshuilées ; c'est-à-dire soustraites de baume. Ces résultats sont plus palpables à travers la figure qui suit.

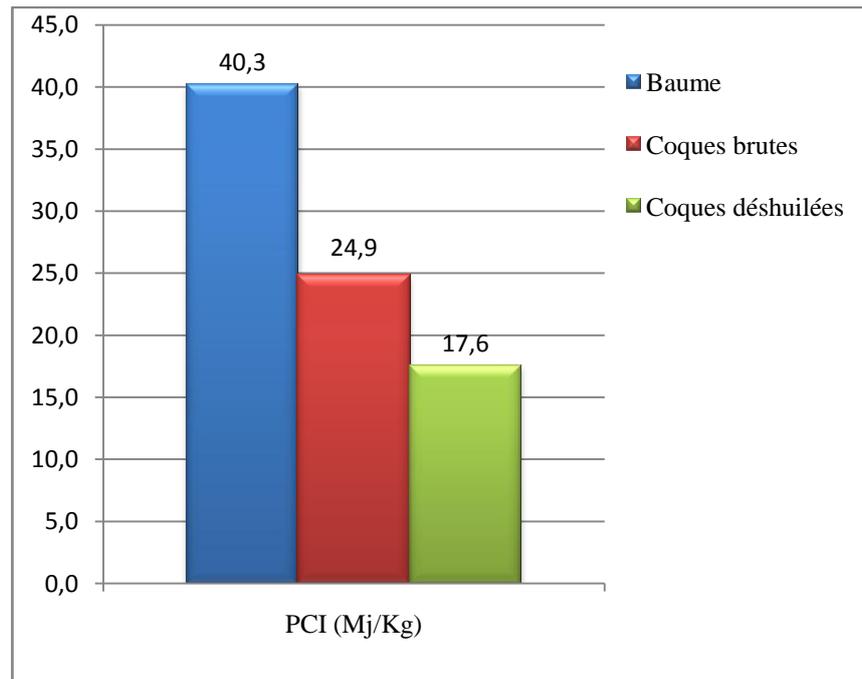


Figure 5 : Résultats de la détermination des pouvoirs calorifiques.

6.1.3. Extraction

Nous avons opté pour la méthode d'extraction SOXHLET pour extraire le baume de cajou des coques. L'extraction s'est opérée en premier lieu sur des échantillons des coques broyées et ensuite sur des échantillons de coques concassées. Les résultats figurent dans le tableau suivant.

Tableau 1: Résultats des essais d'extraction

Nature coques	Teneurs en baume (%)
Broyées	36
Concassées	20

6.1.4. Potentiel annuel de coques produites dans trois (03) unités de transformation

L'évaluation du potentiel de coques produite les unités de transformation a été faite sur la base de la capacité réelle de traitement de noix de cajou de chaque unité de transformation et sur la base de 242 jours de fonctionnement annuel. Les capacités journalières de traitement ont été fournies par un rapport dans un audit énergétique commandité par le GTZ sous la responsabilité du LBEB du 2iE.

Les capacités respectives des trois unités, à savoir TOUSSIANA, BEREGADOUGOU et SOTRIAB sont 1760 Kg/jour, 2479 Kg/jour et 4000 Kg/jour.

Les quantités de coques produites ont été calculées sur l'hypothèse que les coques représentent 75% en masse des noix de cajou. Les résultats sont donnés dans le tableau qui suit.

Tableau 2 : Quantité annuelle de coques produites par unité de transformation

Unités de transformation	Quantité de noix traitées par an (tonnes)	Quantité de coques produites par an (tonnes)
TOUSSIANA	426	320
BEREGADOUGOU	600	450
SOTRIAB	968	726

6.1.5. Quantité annuelle de bois utilisés dans trois (03) unités de transformation

Les quantités annuelles de bois utilisés par les unités de transformation ont été évaluées sur la base d'un fonctionnement continu de 242 jours par an de ces unités et 650 Kg/m³ comme densité des bois utilisés.

Les volumes journaliers de bois utilisés par unité de transformation ont été fournis par le même rapport cité plus haut. Les valeurs respectives sont : 1,5 m³ en consommation de bois pour TOUSSIANA, 3 m³ en consommation de bois pour BEREGADOUGOU et 4 m³ en consommation de bois pour SOTRIAB. Les résultats sont présentés dans le tableau qui suit.

Tableau 3: Quantité annuelle de bois utilisés par unité de transformation

Unités de transformation	Quantité de bois utilisés par an (tonnes)
TOUSSIANA	236
BEREGADOUGOU	472
SOTRIAB	629

6.1.6. Equivalent en bois des coques produites par les unités de transformation

L'évaluation des équivalents en bois des coques produites par les unités de transformation a été donnée par la formule suivante :

$$\text{masse bois équivalente} = \frac{PCI_{\text{coque}}}{PCI_{\text{bois}}} \times \text{masse coque}$$

Sur la base des quantités de coques produites par unités de transformation données par le tableau 2, nous avons évalué grâce à la formule ci-dessus les quantités de bois équivalentes aux coques produites par celles-ci. Les résultats sont mentionnés dans le tableau qui suit.

Tableau 4: Equivalent en bois des coques produites annuellement

Unités de transformation	Quantité annuelle de coques produites (tonnes)	Quantité annuelle de bois équivalent (tonnes)
TOUSSIANA	320	442
BEREGADOUGOU	450	623
SOTRIAB	726	1004

6.1.7. Comparaison quantité annuelle de bois utilisés et équivalent en bois des coques produites

Afin de pouvoir faire ressortir la faisabilité de la valorisation des coques d'anacarde, nous avons effectué une étude comparative des quantités de bois utilisés par unité de transformation et les quantités de bois équivalents des coques produites. La figure suivante élucide mieux cette comparaison.

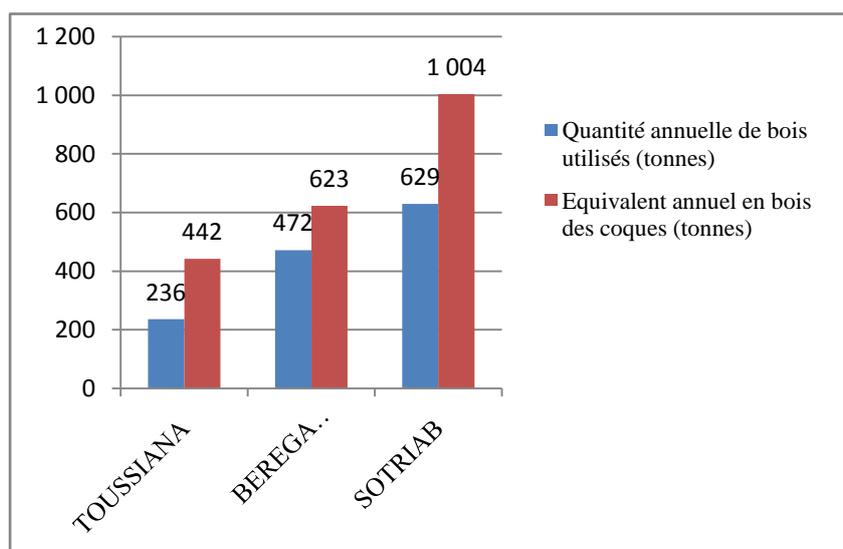


Figure 6 : Quantité de bois utilisés et équivalent en bois de coques

6.2. DISCUSSIONS

6.2.1. Composition chimique

La figure 3 présente la composition chimique des coques brutes obtenue après analyses immédiates. Le taux de cendres (1,5%) et le taux d'humidité (6,45%) sont proches des résultats d'analyse des travaux de R.N. Singh et al. [18]. Ces résultats de taux de cendres et de taux d'humidité sont respectivement 1,53% et 6,45%.

Par contre, toujours comparativement aux études de R.N. Singh et al, le taux de matières volatiles obtenu dans nos études, est élevé de 4,78% tandis que le taux en carbone fixe est moins élevé de 4,75%. Dans leurs études, ils trouvent une teneur en matières volatiles de 79,54% et une teneur en carbone fixe de 18,93%. Ces différences nous paraissent contradictoires puisque la teneur en baume (36%) de nos échantillons est plus élevée que celle des échantillons qui ont servis à aux études de R.N. Singh et al. Est estimée à 8,3%.

6.2.2. Composition physique

La figure 5 présente les résultats du PCI du baume de cajou extrait des coques, des coques brutes et des coques déshuilées. Les valeurs de ces PCI sont respectivement 40,3 MJ/Kg, 24,9 MJ/Kg et 17,6 MJ/Kg. Il ressort clairement que le PCI du baume qu'on peut assimiler à une huile végétale, est largement supérieur à celui des coques brutes et des coques déshuilées. De même le PCI des coques brutes est supérieur à celui des coques déshuilées.

Par analogie avec l'huile et le bois, ces résultats nous semblent logiques en ce sens que par expérience, le PCI des huiles est plus élevés que celui de la matière boisée donc celui des coques déshuilées. Aussi les coques brutes étant une biomasse formée par le baume et les coques sans huiles, a son PCI compris entre le PCI du baume et celui des coques déshuilées.

Aussi le résultat de PCI de 17,6 MJ/Kg obtenu pour les coques déshuilées nous semble normal car les coques peuvent être assimilées à du bois qui a un PCI qui est dans l'ordre de 17 à 18 MJ/Kg.

Par ailleurs, les résultats des travaux de A.G. Mohod et al, [8] et ceux de R.N. Singh et al, [18] donnent 17,8 MJ/Kg comme PCI des coques déshuilées. Au vue de ces résultats, nous pouvons dire que la valeur de 17,6 MJ/Kg obtenue dans nos études est similaire à celle qu'ils ont trouvée.

6.2.3. Teneur en baume des coques

Le tableau 1 présente les teneurs en baume des coques obtenues après extraction Soxhlet à l'hexane selon que l'échantillon soit broyé ou concassé. Les résultats ce teneur en baume obtenus sont respectivement 36% pour les échantillons de coques broyées et 20% pour les échantillons de coques concassées.

Ces résultats nous semblent logiques dans la mesure où nous pensons que le solvant a facilement accès au baume contenu dans les échantillons de coques broyées par rapport aux échantillons de coques concassées.

La teneur de 20% de baume obtenue pour les échantillons de coques concassées peut être jugée acceptable si on se réfère aux résultats des études de R.N. Singh et al, [18].

Par contre la teneur de 36% de baume obtenue pour les échantillons de coques broyées peut être jugée trop élevée si on se réfère toujours aux résultats des études de R.N. Singh et al. Car selon ces études, les coques contiennent environ 20 à 25% de baume.

Nous pouvons expliquer cet écart par le fait que nos échantillons broyés n'aient pas été prélevés juste après le broyage. Ils ont été prélevés des semaines après le broyage. Donc il se peut qu'il y ait séparation de baume et de matières boisées. D'où possibilité de problème d'homogénéité. Il est donc nécessaire d'effectuer d'autres essais pour confirmation.

6.2.4. Quantité de bois utilisés et équivalents en bois des coques produites

La figure 6 donne les quantités de bois utilisés et les équivalents en bois des coques de trois unités de transformation de noix de cajou de la région des cascades au Burkina Faso.

De cette figure, il ressort clairement que les équivalents en bois des coques de cajou produites par les trois (03) unités de transformation dépassent largement les quantités de bois qu'ils utilisent.

7. Difficultés rencontrées

La dynamique d'organisation du LBEB a permis que cette étude se passe dans l'ensemble dans de bonnes conditions de travail et d'encadrements. Par contre, tout le long de sa réalisation nous avons rencontré deux difficultés majeures. A savoir :

- Le manque d'équipements appropriés dans le laboratoire LBEB pour les essais de combustion ;
- La GTZ n'a pas respecté son engagement d'apport de soutien financier pour effectuer la visite de terrain qui devrait nous permettre d'effectuer l'audit énergétique des unités de transformation.

8. Conclusions

Au terme de notre étude, il est à noter que les coques d'anacarde peuvent être utilisées en lieu et place des bois de chauffe pour la production de vapeur dans le processus de transformation des noix de cajou pour trois raisons essentielles. Tout d'abord les coques d'anacarde ont un pouvoir calorifique largement supérieur à celui des types de bois utilisés par les unités de transformation au Burkina Faso. Ensuite l'utilisation des coques va permettre à ces unités de réduire leurs coûts d'achat des bois et va enfin contribuer à la protection de l'environnement menacé aujourd'hui par le phénomène des gaz à effet de serre.

9. Recommandations et perspectives

Au terme de ce mémoire, force est de reconnaître que le cadre de travail plaisant a été pour nous un moment d'étude, de recherche et d'analyse des coques d'anacarde qui sont des sous produits de cette filière.

Nous sommes également convaincus que nous n'avons pas épuisé ce domaine de recherche et que des approfondissements et améliorations sont toujours possibles.

La valorisation des déchets agricoles étant une nouvelle donne pour nos pays africains, nous recommandons que les décideurs et intervenants du monde agricole tournent leurs regards vers cette nouvelle vision qui permet de réduire les coûts de transformation des produits agricoles et de les rendre compétitives vis-à-vis des dures réalités de la mondialisation.

Dans le souci de mettre en pratique les riches résultats de ce travail, les moyens doivent être mis en œuvre pour effectuer l'audit énergétique des unités de transformation et réaliser des essais de combustion des coques afin de trouver les méthodes appropriées pour surpasser la principale contrainte de la combustion directe des coques qui est le dégagement de fumée acide très nocive pour l'environnement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] M. SON Gouyahali et Mme TRAORE Salimata, Juillet 2002. Analyse du secteur de l'anacarde situation actuelle et perspective de développement, Burkina Faso.
- [2] M. Moïse A. SEDJRO et M. Loukman SANNI-AGATA, Juillet 2002. Analyse du secteur de l'anacarde situation actuelle et perspective de développement, Bénin.
- [3] M. MAMADOU Bassirou SARR, Juillet 2002. Analyse du secteur de l'anacarde situation actuelle et perspective de développement, Sénégal.
- [4] Dr Patrick Nugawela, et Amadou Baldé, 2006. Analyse et cadre stratégique d'initiatives pour la croissance de la filière anacarde, United States Agency for International Development, Sénégal ;
- [5] Etude d'expertise du programme anacardier du PADSE, juillet/août 2000.
- [6] J.M. Jones, M. Pourkashanian, A. Williams, D. Hainsworth, 2000. Comprehensive biomass combustion model.
- [7] S.O. Jekayinfa et A.I. Bamgboye, 2006. Estimating energy requirement in cashew (*Anacardium Occidentale L.*) nut processing operations.
- [8] A.G. Mohod, Y.P. Khandetod, and A.G. Powar, December 2008. Processed cashew shell waste as fuel supplement for heat generation, College of Agricultural Engineering and Technology, India.
- [9] W. B. Setianto, S. Yoshikawa, R. L. Smith Jr. , H. Inomata, L. J. Flonisse, C. J. Peters, 2008. Pressure profile separation of phenolic liquid compounds from cashew (*Anacardium Occidentale Shell* with supercritical carbon dioxide and aspects of its phase equilibria.
- [10] R.L. Smith Jr., R.M. Malaluan , W.B. Setianto, H. Inomata, K. Arai, October 2002. Separation of cashew (*Anacardium Occidentale L.*) nut shell liquid with supercritical carbon dioxide.
- [11] P. H. GEDAM and P. S. SAMPATHKUMARAN, 1986. Cashew nut shell liquid: extraction, chemistry and applications.
- [12] André B. de Haan, 2006. Affinity Solvents for Intensified Organics Extraction: Development Challenges and Prospects pages 171-180.
- [13] Rajesh N. Patel et al. , 2005. Extraction of cashew (*Anacardium occidentale*) nut shell liquid using supercritical carbon dioxide.
- [14] B.B. Li , B. Smith, Md. M. Hossain, 2006. Extraction of phenolics from citrus peels. Pages 182–188.
- [15] RICHARD VAN DEN BROEK, FAAIJ and AD VAN WIJK, 1996. Biomass combustion for power generation.
- [16] J E HUSTAD, SKREIBERG and K SONJU, 1995. Biomass combustion research and utilization in IEA countries.
- [17] Afsin Gungor, 2007. Two dimensional biomass combustion modeling of CFB pages 1453–1468
- [18] R.N. Singh et al., 2006. Feasibility study of cashew nut shells as an open core gasifier feedstock.

Annexes

Sommaire

Annexe 1: Tableaux des résultats des analyses immédiates26

Annexe 2: Tableaux des résultats de la détermination des pouvoirs calorifiques27

Annexe 3: Tableau de l'estimation de la quantité de bois utilisés et de l'équivalent en bois des28

Annexe 4: Photo du four Amourph.....29

Annexe 5: Photo du Calorimètre30

Annexe 6: Schéma de montage du matériel d'extraction SOXHLET.....31

Annexe 7: Rapport GTZ établi par le Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburant du 2iE (LBEB).....31

Annexe 1: Tableaux des résultats des analyses immédiates

Propriétés Chimiques	Résultats (%)
Taux humidité	7.82
Taux matières volatiles	84.32
Taux carbone fixe	14.18
Taux matières sèches	92.18
Taux d'humidité	7.82

Annexe 2: Tableaux des résultats de la détermination des pouvoirs calorifiques

Types biomasses	PCI (MJ/Kg)
Baume	40.3
Coques brutes	24.9
Coques déshuilées	17.6

Annexe 3: Tableau de l'estimation de la quantité de bois utilisés et de l'équivalent en bois des coques des trois unités de transformation.

Unités de transformation	Quantité annuelle de bois utilisés (tonnes)	Equivalent annuel en bois des coques (tonnes)
TOUSSIANA	236	442
BEREGADOUGOU	472	623
SOTRIAB	629	1 004

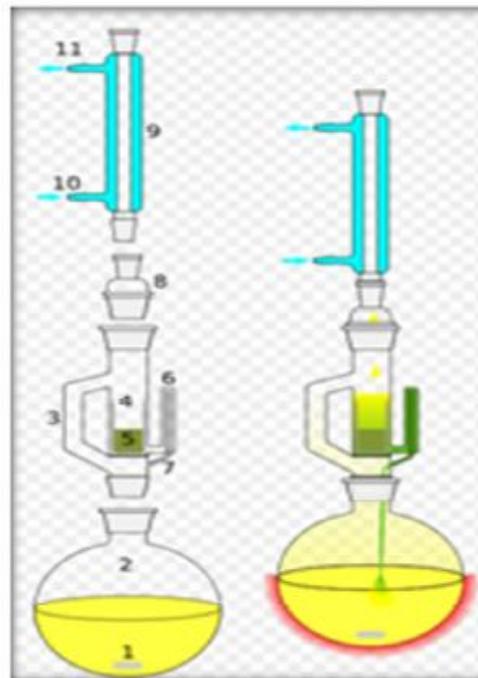
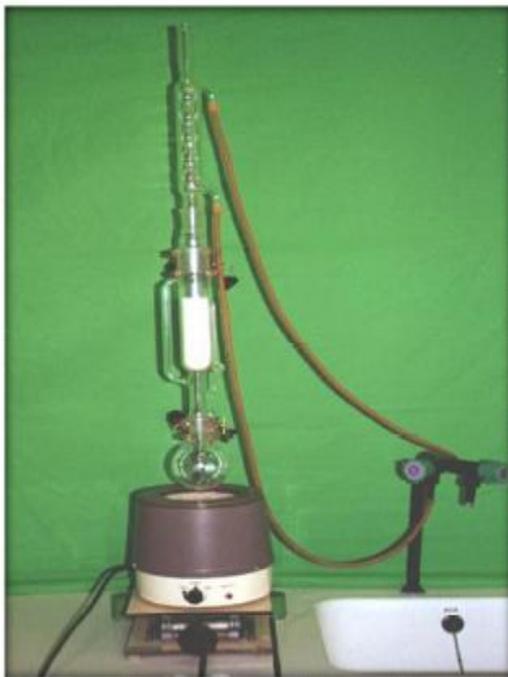
Annexe 4: Photo du four Amourph



Annexe 5: Photo du Calorimètre



Annexe 6: Schéma de montage du matériel d'extraction SOXHLET



Annexe 7: Rapport GTZ établi par le Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburant du 2iE (LBEB)

TRANSFORMATION UNITS :

TOUSSIANA, BEREGADOUGOU, BANFORA ET ORODARA

Nationwide : mangoes transformation units : ~100

: Cashew transformation units : ~ 12

: 100, 000 acres Cashew plantation

- **50 000 in the Cascades**
- **30 000 in the South-West**
- **20 000 in the “Hauts Bassins”**

Company /Organization 1. Name ECLA – Toussiana	<i>Electrical devices/equipments/rated power</i>	<i>Energy consumption</i> Monthly 'Energy bill	<i>Biomass types dealt with /quantities</i>	<i>Seasonal Availability</i>
2. Location and address Toussiana - Email: ecla@fasonet.bf Web: http://ecla.free.fr 3. Head of the Organization Mr Bologo : Tel.: 70 20 74 07 4. Running hours: 7.00 – 15.00 5. Main domains of activities Cashew, mangoes 6. Personnel: 208 employees	Running appliances - Lamps (15): (36 W each) (8 hours) - Sealer (often): 260 W Air conditioning for conservation (continuously): 6 HP (HP = Horse Power) - Electronic balancer: (~ 50 W) - Water pump (3hours per day) : 750 W Appliances forecasted:	❖ Electricity 335, 000 CFA ❖ Steam: - Daily water demand: 200 l - Pressure: 8 bar - Temperature: 120 °C Steam generation: Heat from Biomass • Biomass demand: ~ 1.5 m ³ per day	1. Cashew: - Processed daily : 1760 Kg - Nut obtained: 500 Kg - Waste: 1260 Kg - Waste destination: only disposal (quantity processed from 03 to 06.2009 – 64 000 Kg Waste available: 64 000 x 0.75 = 48 000 Kg	Cashew: March-April till January

<p>7. Three (3) Additional personnel/staffs?</p> <p><i>Yes, if required</i></p> <p>8. Year started : 03/2009</p> <p>9. Cracking: manual</p> <p>10. Ten (10) x10 m space available? Yes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - "Depelliculeuse": (11 KW) (8 hours) "Testa remover" - Vacuum machine (2.2 KW) (8 hours) - "Calibreuse" "grader" ~ (11 KW) (8 hours) 	<ul style="list-style-type: none"> • Inefficient burning • Heating value: ~ 3400 kcal/kg • Efficiency $\eta \sim 6 - 8\%$ • density : 650 kg/m³ <p>❖ Required heat: 3400X 1.5X 650 x 0.6 = 1,989,000 Kcal</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1,989,000 X 4.185 = 8,323,965 KJ = • 2,312.15 KWh <p>❖ Heat for drying the nuts:</p> <p>❖ Butane gas - 3 tanks of 12 kg for 3 days</p> <p>❖ Duration: 6 hours</p> <p>Heat demand for mangoes drying</p> <ul style="list-style-type: none"> • Butane gas : 3 tanks of 12 Kg/day • Heating value: 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Own possession: 3 ha plantation ❖ No fertilizer ❖ Existing Cotton farm: 3 km ❖ No idea about the quantity of cotton wastes and the size of the farm <p>The Fruit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usage: dried , sold, eaten • Planned: juice production 	<p>Mangoes:</p> <p>April - August</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

			<p>2. Mangoes</p> <p>Dried Mangoes Unit</p> <ul style="list-style-type: none">• 30 driers• 600 kg (dried mangoes)/day• 1800 kg (wastes: nut, rotten,):<ul style="list-style-type: none">- only disposal- planned: compost	
--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

<p>Organization</p> <p>1. Name WOUOL – Beregadougou (additional units installed in Orodara, Kampti)</p>	<p><i>Electrical devices/equipments/rated power</i></p>	<p><i>Energy consumption</i></p> <p>Monthly 'Energy bill</p>	<p><i>Biomass types dealt with /quantities</i></p>	<p><i>Seasonal Availability</i></p>
<p>2. Location and address Beregadougou - Email: assowouol@yahoo.fr Web : www.wouol.org (cooperative group with 2,150 members and 350 certified producers)</p> <p>3. Head of the Organization Mr Antoine Sombie : Tel.: 78 81 85 55</p> <p>4. Running hours: 7.00 – 14.00 (6 days weekly)</p> <p>Often (two shifts according to market demand: 14.00 –</p>	<p>Running appliances</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lamps (7:00 – 14.00) : 34 + 46 + 48 (36 W each) - Sealer: 13 (260 W each) - Ceiling fans: 12 + 19 + 18 (~50 W each) - Air conditioning for conservation (continuously): 4 splits (Total : 6 HP) - Air conditioning for office: 1 split : 1.5 HP - Electronic balancer (5 +1+1): Power not rated (~ 50 W each) - Water pump (3hours per 	<p>❖ Electricity for cashew unit : 86, 456 CFA</p> <p>Steam:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Daily water demand: 400 l - Pressure: 7 – 10 bar - Temperature: 120 °C <p>Steam generation: Heat from Biomass</p>	<p>1. Cashew:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Average quantity processed yearly (11 months) : 600 tons - Monthly: ~ 55 tons) - Nut obtained (monthly): 9.35 tons - Waste (monthly): 7, 7605 tons - Waste destination: only disposal <p>❖ Own possession: 1500 ha plantation (certified producers)</p>	

<p>21.00)</p> <p>5. <i>Main domains of activities</i> Cashew, mangoes, apples, education, alphabetization, mechanical workshop (construction of cashew processing equipment), small business development, risks/disaster anticipation and management, environmental management, lobbying</p> <p>6. <i>Personnel: 250 + 140 employees</i> (90% women)</p> <p>7. <i>Three (3) Additional personnel/ staffs?</i></p> <p><i>Yes, if required</i></p> <p>8. <i>Year started :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1986 (non formal) 	<p>day) : 750 W</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grinder Moulinex : 200W - Cashew nut Mill: 7.5 KW – 380 V - Two (2) computers - Compressor: (~2KW) - Vacuum packaging machine: (2): (2.2 KW each) (8 hours) - Aspirator : (~ 1 KW) (3 hours per day) - electrical drier: (2): 0.75 kW each (24/24 for mangoes drying) - welding post: 380 V, 15 A - Driller: 0.75 HP - Millstone: Bosch – GWS 21 – 230 H series - Sharper : 450 W 	<ul style="list-style-type: none"> • Biomass demand: ~ 3 m³ per day • Inefficient burning • Heating value: ~ 3400 kcal/kg • Efficiency $\eta \sim 6 - 8\%$ • density : 650 kg/m³ <p>❖ Required heat: 3400X 3X 650 x 0.6 = 3, 978, 000 Kcal</p> <p>❖ 3,978,000 X 4.185 = 16, 647, 930 KJ =</p> <p>❖ 4, 624.3 KWh</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installation: one year old <p>Heat demand for drying cashew nuts</p>	<p>ECOCERT Certification</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Use of fertilizer: rarely ❖ Existing Cotton farm: No idea ❖ Mangoes wastes available (used for cattle feed (equipment installed, composting (project under negotiation, planned for biogas production (under testing!)) <p>The Fruit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usage: dried , sold, eaten • Juice and syrup production <p>Mangoes: April - August</p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

<ul style="list-style-type: none"> • 1999 (official) – mangoes drying • 2003 for cashew <p>9. <i>Cracking: manual</i></p> <p>10. <i>10x10 mm space available? Yes: (1200 m2 available)</i></p>	<p>Demand in the surroundings (5 km) : 5 villages with 1000 – 1200 inhabitants:</p> <p>❖ Planned : Soap production unit</p>	<p>- Butane Gas: 17 tanks of 10 kg per month Heating Value (LHV) : 45.75 MJ/Kg</p> <p>Energy Consumption: 170x45,75= 7777,5 MJ = 2,160 KWh</p> <p>Heat demand for mangoes drying</p> <ul style="list-style-type: none"> • Butane gas : 3 tanks of 12 Kg/day • Heating value: 45.75 MJ/Kg <p>Energy consumption: 12x3x45.75 = 1647 MJ =</p>	<p>2. Mangoes</p> <p>Dried Mangoes Unit</p> <ul style="list-style-type: none"> • 48 driers + 26 driers • 3 tons (fresh mangoes)/day • 460 kg dried mangoes • Wastes : nut, rotten (55-60%): 1650 kg: 	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

		457, 48719 KWh	- cattle feed	
		<ul style="list-style-type: none">• Electricity bill for mangoes unit: 109, 320 FCFA	<p>❖ Heat required for mangoes drying:</p> <ul style="list-style-type: none">• 7 kg Gas per dried kg• duration: 20 hours• Total need for gas: $460 \times 7 = 3,220$ kg• Heating value (LHV): 45.75 MJ/kg <p>Total consumption: $3,220 \times 45.75 = 147315$ MJ = 147,315,000 KJ = 40,919. 7 KWh</p> <p>2. Apples</p> <ul style="list-style-type: none">• 5 -6 acres	

Company /Organization 1. Name SOTRIAB – Banfora	Electrical devices/equipments/rated power	Energy consumption Monthly 'Energy bill	Biomass types dealt with /quantities	Seasonal Availability
2. Location and address Banfora - Email: burkinacajou@yahoo.fr 3. Head of the Organization Ms Minata Kone : Tel.: 70 23 27 96 4. Running hours: 6.00 – 14.00 – first shift 14.00 – 22.00 – second crew	Running appliances - Lamps (20) : (36 W each) - Sealer (often): 260 W - Air conditioning for tion (continuously): 6 HP - Electronic balancer: (2) ~ 50 W - Water pump (3hours per day) : 750 W - Depelliculeuse: 11 KW	Electricity ----- CFA Steam: - Daily water demand: ~ 500 l - Pressure: 8 bar - Temperature: 120 °C Steam generation: Heat from	1. Cashew: - Processed daily : 4 tons - Nut obtained: 0.68 tons - Wastes: 3 tons - Waste destination: only disposal ❖ No fertilizer ❖ Existing Cotton farm? -----	Cashew: March-April till January

<p>5. <i>Main domains of activities</i> Cashew</p> <p>6. <i>Personnel: 200 employees</i></p> <p>7. <i>Three (3) Additional personnel/ staffs?</i></p> <p><i>Yes, if required</i></p> <p>8. <i>Year started : 2006</i></p> <p>9. <i>Cracking: manual</i></p> <p>10. <i>Ten (10) x10 m space available? Yes</i></p>	<p>(Testa remover)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diesel generators (2): 23 KVA + 33 KVA - Electrical driers – (3): (0,75 KW each) <p>Appliances forecasted:</p> <p>Not mentioned</p>	<p>Biomass</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biomass demand: ~ 4 m³ per day • Inefficient burning • Heating value: ~ 3400 kcal/kg • Efficiency $\eta \sim 6 - 8\%$ • density : 650 kg/m³ <p>❖ Required heat: 3400X -4X 650 x 0.6 = 5, 304, 000 Kcal</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5, 304, 000 X 4.185 = 22, 197, 240 KJ = • 6,165.75 KWh <p>❖ Heat for drying the nuts:</p> <p>❖ 3 electrical driers : ~ 0.75 KW each</p> <p>❖ Duration: 6 hours</p>	<p>The Fruit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usage: dried , sold, eaten • Planned: No 	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

16 juin 2010

Company /Organization	<i>Electrical devices/equipments/rated power</i>	<i>Energy consumption</i>	<i>Biomass types dealt with /quantities</i>	<i>Seasonal Availability</i>
<i>1. Name</i> Union YANTA – Bobo Dioulasso		Monthly 'Energy bill		

<p><i>2. Location and address</i></p> <p>Bobo Dioulasso - Email: yanta-bobo@yahoo.fr</p> <p>(cooperative group with 2000 members)</p> <p><i>2. Head of the Organization</i></p> <p>Ms Mariame Drabo : Tel.: 76 98 99 47</p> <p><i>11. Running hours: 6.00 – 16.00</i></p> <p><i>12. Main domains of activities</i> Cashew, shea nut butter</p> <p><i>13. Personnel: 95 + 20 employees</i></p>	<p>Running appliances</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lamps : 9+ 50 (34 W each) - Sealer (often): 260 W - Ceiling fans: 6 + 18 (50W each) - PC (1) - Power controller (1) - Irons (2) (~500 W each) - Sewing machines (3) (0.5 HP each) - Electronic balancer: (2) ~ 50 W - Water pump (3hours per day) : 750 W - Depelliculeuse: 11 KW - 	<p>Electricity (99 555 CFA + 24 199 CFA) = (601 KWh + 120 KWh)</p> <p>Steam:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Daily water demand: 200 l - Pressure: 8 bar - Temperature: 120 °C <p>Steam generation: Heat from Biomass</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biomass demand: ~ 1.5 m³ per day 	<p>1. Cashew:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Processed daily : 640 kg <i>(forecasted 640x2 = 1280 kg, equipment available)</i> - Nut obtained: ----- - Wastes: 480 kg - Waste destination: only disposal ❖ No fertilizer ❖ Existing Cotton farm? ----- <p>The Fruit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usage: sold, eaten 	<p>Cashew: March-April till January</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

<p>14. Three (3) Additional personnel/staffs? Yes, if required</p> <p>15. Year started : 2006</p> <p>16. Cracking: manual</p> <p>17. Ten (10) x10 m space available? Yes</p>	<p>Appliances forecasted:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inefficient burning • Heating value: ~ 3400 kcal/kg • Efficiency $\eta \sim 6 - 8\%$ • density : 650 kg/m³ <p>❖ Required heat: $3400 \times 1.5 \times 650 \times 0.6 = 1,989,000$ Kcal</p> <ul style="list-style-type: none"> • $1,989,000 \times 4.185 = 8,323,965$ KJ = • 2,312.15 KWh <p>Séchage des noix</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Heat for drying the nuts: ❖ Duration: 6 hours ❖ 12 kg butane gas for 4 days 	<ul style="list-style-type: none"> • Planned: No <p>Shea nut:</p> <p>Daily produced: 270 kg</p> <p>Waste destination</p> <ul style="list-style-type: none"> • Before: construction • Now: partly burned and disposal • Available quantity: 630 kg 	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--