



Développement d'une chaîne de fabrication de charbon de coques d'anacarde

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE MASTER
SPECIALITE GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE / ENERGIE
RENOUVELABLE

Présenté et soutenu publiquement le 03 juillet 2019 par

Oumoul-Kairou KARIDIO DAOUDA IDRISSE (n° 2014 0704)

Encadrants 2iE :

Madame Marie SAWADOGO epse TIEMTORE (Enseignante-chercheure en Génie Industriel) ;

Pr. Igor OUEDRAOGO (Enseignant-chercheur en CHIMIE)

Maître de stage externe : Julia Artigas Sancho, (Ingénieure en Energie et Technologie appropriée. Directrice de Fúnteni Installations et Conseil).

Jury d'évaluation du stage :

Président : Daniel YAMEGUEU

Membres et correcteurs : Marie SAWADOGO

Sayon SIDIBE

Promotion [2018/2019]

DEDICACES

Je dédie le fruit de ce travail à :

- ❑ Mon père **KARIDIO DAOUDA IDRISSE** pour tous les sacrifices consentis dans mon éducation et ma formation, son amour, ses prières mais aussi pour avoir cru en moi.
- ❑ Ma mère **MARIAMA MOUMOUNI** pour tout son amour, sa patience, ses conseils et tous ses sacrifices.

Qu'ils retrouvent ici l'expression de ma plus profonde gratitude.

- ❑ Mes frères **HASSANE, IBRAHIM, BRAHAM, MAHAMADOU** pour leurs encouragements,
- ❑ Ma cousine **Aida** pour son amour et sa présence.

Qu'Allah (SWA), Tout Puissant, vous gratifie de Son immense miséricorde pour votre indéfectible soutien.

CITATIONS

« Peu importe le défi que vous avez à surmonter, vous devez vous rappeler que même si la toile de votre vie se peint au fil de vos expériences, de vos comportements, de vos réactions et de vos émotions, c'est vous qui avez le pinceau en main »

Oprah Winfrey

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je remercie tout d'abord **ALLAH (SWA)**, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux, pour sa bénédiction et par la grâce de qui ce travail a été accompli.

J'adresse mes sincères remerciements à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour nous avoir donné une formation de bonne qualité.

Mes remerciements vont également à l'endroit de :

Madame Julia ARTIGAS SANCHA ingénieure et directrice de Fúnteni pour m'avoir accordé le stage au sein de sa structure et du temps qu'elle a accordé dans le suivi de mon travail ;

Madame Marie SAWADOGO epse TIEMTORE, Enseignante-Chercheuse en Génie Industriel, Responsable du laboratoire Energies Renouvelables et Efficacité Energétique (LabEREE) pour sa disponibilité, son encadrement, la confiance qu'elle m'a accordée, les efforts et pour le soutien qu'elle m'a témoigné tout au long de ce stage ;

Toute l'équipe de Fúnteni conseil et installations,

Mes enseignants de 2iE qui n'ont ménagé aucun effort pour nous offrir une formation de qualité et un accompagnement à la hauteur de nos attentes.

A la famille Tondé et tous les agents de l'huilerie Habibou pour leur aide,

Mon frère Ismaël SABI HASSANE pour son soutien et ses encouragements.

Je tiens aussi à adresser mes sincères remerciements à mes ami(es) et à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

RESUME

Depuis 2016 la filière anacarde connaît un essor au Burkina Faso plus précisément dans la région de Bobo-Dioulasso. Les unités de transformations de noix d'anacarde génèrent ainsi de grandes quantités de déchets essentiellement composés de coques d'anacarde qui sont très marginalement valorisés malgré leur pouvoir calorifique élevé estimé à environ 24900 kJ/kg. Ces coques d'anacardes sont souvent laissées au sol ce qui génèrent des incendies. C'est dans ce contexte que Fúnteni conseil et installations à travers la mise en place d'une plateforme biocombustible décide de se lancer dans la valorisation de ces coques.

Notre étude porte sur la transformation des coques d'anacarde en charbon de coques par la méthode de carbonisation ; elle se subdivise en deux grandes parties : la première porte sur la mise en place d'une plateforme de biocombustible en prenant en compte la conception de tous les équipements nécessaires dont les principaux sont le réacteur à charbon, le pyrolyseur et la presse à briquetage. La deuxième partie consiste à réaliser des tests expérimentaux permettant d'optimiser le temps de carbonisation relativement long en ayant un bon rendement. Des modifications ont été menées sur le réacteur au fur et à mesure que les tests sont réalisés. Le meilleur rendement obtenu avec un charbon de qualité est de 17% et le temps de carbonisation le plus court est de 6,8h de temps. Des suggestions et des modifications ont été également proposées afin de diminuer au plus l'excès de fumée pendant la carbonisation. Aussi au cours de ces travaux une étude financière a été faite dans le but d'évaluer la rentabilité de ce projet pour une personne qui voudrait investir dans la production du charbon de coques d'anacarde. Les résultats obtenus sont satisfaisants car en plus d'aider dans la lutte contre la coupe abusive du bois combustible au Burkina Faso (735984 tonnes de bois coupés en 2016 en milieu urbaine). Le projet est également rentable, en deux années de fonctionnement (TRI égale à 2 ans), le bénéfice est estimé à 1615570 FCFA.

Mots Clés :

1. Briquettes de charbon
2. Carbonisation
3. Charbon
4. Coques d'anacarde
5. Plateforme Biocombustible

ABSTRACT

Since 2016 the cashew nut sector is booming in Burkina Faso more precisely in the region of Bobo-Dioulasso. The processing units of cashew nuts thus generate large quantities of cashew nuts that are very marginally valued despite their high calorific value estimated at about 29400kJ/kg. The mismanagement of these cashew shells degrades the soil and can cause fires. It is in this context that Fúnteni conseil et installations through the establishment of a biofuel platform decides to embark on the valuation of these hulls. Our study therefore focuses on the transformation of cashew nuts into shell charcoal by the carbonization method ; it is divided into two main parts : the first concerns the setting up of a biofuel platform taking into account the design of all the necessary equipment, the main ones being the coal reactor, the pyrolyser and the briquetting press. The second part is to perform experimental tests to optimize the relatively long carbonization time with good performance. Modifications have been made to the reactor as tests are performed. The best yield obtained with a quality coal is 17% and the shortest carbonization time is 6.8h of time. Suggestions and modifications have also been proposed to reduce the excess smoke during charring. Also during this work a financial study was made in order to evaluate the profitability of this project for a person who would like to invest in the production of cashew nuts. The results obtained were quite satisfactory because, in addition to helping fight against the excessive cutting of fuelwood in Burkina Faso (735984 tons of wood cut in 2016 in urban areas). The project is also profitable, in two years of operation (TRI equal to 2 years), the profit is estimates at 1615570 FCFA.

Keywords:

1. Biofuel platform
2. Carbonization
3. Cashew Nut shells
4. Coal
5. Coal briquettes

Liste des abréviations

CEREEC : Centre des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energie de la CEDEAO

cm : Centimètre

CNSL : Cashew Nut Shells Liquid

EBE : Excédent Brut d'Exploitation

EES : Evaluation Environnementale Stratégique

EIES : Etude d'Impact Environnementale et Sociale

FFT : Forfaitaire

H : Hauteur

h : Heure

IP : Indice de Profitabilité

kg : Kilogramme

kJ : Kilojoule

m : Mètre

M1 : Masse de coques carbonisées

M2 : Masse de coques utilisées comme combustible

M3 : Masse d'herbe

ml : Mètre Linéaire

NIE : Notice d'Impact Environnemental

PGES : Plan de Gestion Environnemental et Social

R_{ch} : Rendement en charbon

R_g : Rendement global

TEE : Test d'Ebullition de l'Eau

TRI : Temps de Retour sur Investissement

VAN : Valeur Nette Actualisée

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

% : Pourcentage

Ø : Diamètre

Sommaire

DEDICACES	i
CITATIONS	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
Liste des abréviations	vi
Sommaire	viii
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES FIGURES	xii
I. INTRODUCTION	1
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE	3
1. Introduction.....	3
2. Présentation de la structure d'accueil et de la zone du projet	3
2.1 Historique	3
2.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	3
2.3 PRINCIPALES ACTIVITES.....	3
2.4 ORGANISATION	3
2.5 ZONE D'ETUDE	3
III. PRESENTATION DU PROJET	5
1. Problématique et contexte	5
2. Justification de l'étude	6
IV. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE CARBONISATION DE COQUE D'ANACARDE	8
1. Généralité.....	8
2. Définition.....	8
3. Fiche technique du réacteur à Charbon.....	9
a. Introduction.....	9
b. Caractéristique du réacteur.....	9
c. Processus de production du charbon.....	11
d. Conclusion partielle	11
4. Tests expérimentaux	11
a. Protocole de carbonisation	12
b. Résultats des tests.....	13

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

c.	Interprétation des résultats	15
5.	Test d'ébullition de l'eau (TEE).....	20
a.	Équipements.....	21
b.	Condition des tests.....	21
c.	Protocole des tests	21
d.	Résultat des tests	23
e.	Calculs des valeurs énergétiques	24
f.	Interprétations des résultats.....	25
	<i>Conclusion partielle</i>	<i>26</i>
	<i>V. ETUDE (DE FAISABILITE) TECHNIQUE.....</i>	<i>28</i>
1.	Introduction.....	28
2.	Hypothèses de base	28
3.	Étude technique de chaque solution proposée/variante	28
3.1	Première étape : Mise en place de la plateforme Biocombustible.....	28
a.	Introduction.....	28
b.	Calcul et détermination des paramètres techniques.....	29
c.	Conclusion partielle.....	39
3.2	Deuxième étape : Exploitation de la plateforme et promotion de la production du charbon de coque d'anacarde par la méthode de carbonisation	40
4.	Conclusion partielle.....	41
	<i>VI. ETUDE (DE FAISABILITE) ECONOMIQUE ET FINANCIERE – ETUDE DES COÛTS.....</i>	<i>42</i>
1.	Introduction.....	42
2.	Hypothèses de base	42
3.	Plan de financement initial.....	45
4.	Compte de résultat prévisionnel	45
5.	Plan de trésorerie	47
6.	Bilan prévisionnel et critères d'investissement.....	47
7.	Conclusion partielle.....	54
	<i>VII. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL / PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL) /SECURITE.....</i>	<i>55</i>
1.	Introduction.....	55
2.	Rappel du cadre législatif régissant le projet (notice d'impact ou étude d'impact).....	55
a.	Catégorie du projet.....	55
b.	Cadre législatif régissant le projet.....	56

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

3.	Rappel des composantes et phases du projet.....	57
4.	Identification et évaluation des impacts	57
a.	Méthodologie employée	57
b.	Présentation des impacts	57
5.	Plan de Gestion Environnemental et Social	60
6.	Conclusion partielle.....	62
VIII.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	63
	Références Bibliographiques	65
	Listes des Annexes.....	67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques des coques carbonisées	13
Tableau 2: Résultats des tests de carbonisation	14
Tableau 3: Conditions de réalisation du TEE 1	21
Tableau 4: Conditions de réalisation du TEE 2	21
Tableau 5: Calculs des valeurs énergétiques des deux types de charbon	25
Tableau 6: Caractéristiques de la presse	36
Tableau 7: Fréquence de remplacement du matériel	43
Tableau 8: Membre personnel et charge mensuel	43
Tableau 9: Coût de transport matériel	44
Tableau 10: Charges annuelles	44
Tableau 11: Compte de résultat prévisionnel sur 5 ans	46
Tableau 12 : Plan de trésorerie	47
Tableau 13: Tableau des ratios des critères d'investissement	48
Tableau 14: Compte de résultat prévisionnel sur 5 ans cas 2	51
Tableau 15: Plan de trésorerie cas 2	52
Tableau 16: Tableau des ratios des critères d'investissement cas 2	53
Tableau 17: Tableau classificatif des catégories de secteur d'activités ((Décret N°2001-342/PRES/PM/MEE portant champ d'application, 2001)	56
Tableau 18: Matrice descriptive	59
Tableau 19: Tableau de plan de gestion environnemental et social	61

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Region de Bobo-Dioulasso	4
Figure 2:Nouvelle zone industrie	5
Figure 3:noix de cajou.....	6
Figure 4:Utilisation de charbon à Bobo-Dioulasso	7
Figure 5:Coques d'anacarde	8
:Figure 6:vue en coupe du réacteur	10
Figure 7:Début et fin de la réaction.....	12
Figure 8:Charbon issu du premier test	15
Figure 9:Charbon issu du test 2.....	16
Figure 10:Charbon issu du test 3.....	16
Figure 11:Charbon issu du test 4.....	17
Figure 12:Charbon issu du test 5.....	17
Figure 13:Résultat test 6.....	18
Figure 14:Résultat test 7.....	18
Figure 15:Etat du réacteur après le test 8	19
Figure 16:Etat du sol après le test 8	20
Figure 17:produit de la carbonisation du test 8	20
Figure 18:Charbon de coques et de bois après pesé.....	22
Figure 19:feu de charbon de coques et de bois	22
Figure 20:Test d'ébullition de l'eau	23
Figure 21:Résultat TEE 1	23
Figure 22:Résultat TEE 2.....	24
Figure 23:Espace réacteurs.....	31
Figure 24:Hangar de la plateforme.....	32
Figure 25:vue de dessus du réacteur à charbon.....	33
Figure 26:Vue en 3D du réacteur à charbon.....	34
Figure 27:Vue en 3D détaillée du réacteur à charbon	35
Figure 28:Presse manuelle	37
Figure 29:Présentation forme de la Claie de séchage	38
Figure 30:Vue de dessus du site de carbonisation.....	39
Figure 31:Résultat des enquêtes sur le charbon	40
Figure 32:Stratégie Financière	45
Figure 33:Indicateurs de rentabilité.....	48
Figure 34:Diagramme chiffre d'affaire prévisionnel	49
Figure 35:Stratégie Financière cas 2	50
Figure 36:Bilan prévisionnel et critères d'investissement cas 2	52
Figure 37:Diagramme du seuil de rentabilité cas 2.....	53

I. INTRODUCTION

L'énergie est un élément essentiel pour l'Homme et son environnement. Mieux, l'accès à l'énergie pour tous doit être une réalité et même, un droit fondamental. Comme le stipule l'objectif 7 des ODD « L'énergie est au centre de presque tous les défis majeurs, mais aussi des perspectives prometteuses, qui se présentent au monde aujourd'hui. Qu'il s'agisse d'emplois, de sécurité, de changements climatiques, de production de nourriture ou d'accroissement de revenus, l'accès de tous à l'énergie est essentiel. Travailler dans ce sens est particulièrement important, car cela a un effet direct sur la capacité à atteindre d'autres objectifs de développement durable. Mettre l'accent sur l'accès universel à l'énergie, l'efficacité énergétique accrue et l'utilisation accrue des énergies renouvelables grâce à de nouvelles opportunités économiques et professionnelles est crucial pour créer des communautés plus durables et inclusives et une résilience aux problèmes environnementaux tels que le changement climatique ». En effet en Afrique subsaharienne les énergies traditionnelles, plus particulièrement le bois, sont les plus utilisées dans la production de chaleur car environ 792 millions de personnes utilisent la biomasse traditionnelle pour la cuisson en 2014 (OXFAM, 2017).

Au Burkina Faso, la biomasse demeure la principale source d'énergie domestique des populations urbaines et rurales. En 2002 le bois-énergie formait avec le charbon de bois près de 97% de la consommation énergétique des ménages (KIMA et al, 2014). Ce taux n'est pas prêt à diminuer avec la croissance démographique et son impact sur l'environnement n'est pas négligeable.

L'utilisation abusive du bois conduit sans nul doute à une réduction du couvert forestier, à l'avancée du désert mais aussi à une fragilisation de l'environnement. Cependant, les sous-produits de transformation agro-alimentaire, représentent un gisement énergétique dont la valorisation pourrait diminuer ce fléau.

Par ailleurs, la filière anacarde génère une quantité importante de déchets composés de coques. La quantité de coques d'anacarde est évaluée à 70 voire 75% (Amadou, 2013) de la noix d'anacarde avec un pouvoir calorifique d'environ 24 900 kJ/kg (ETTIEN, 2010).

La production de cajou au Burkina Faso représente 35 000 tonnes en 2013 (AHAI, 2017) et 75000 tonnes en 2018 avec une capacité de transformation de 26,6% (IA-B et al., 2017), et environ 70% de ce poids devient un déchet : il s'agit des coques d'anacarde, qui trouvent une valorisation difficile dans le contexte ouest-africain.

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Ces coques laissées à l'air libre représentent un danger environnemental car composées de 25% d'acides qui dégradent les sols. De plus, le dépôt incontrôlé de ces coques issues de la transformation en amandes d'anacarde présente un risque d'incendie.

Ainsi, pour faire face à tous ces problèmes des initiatives se sont développées localement visant la réduction des déchets d'anacarde par leur valorisation en utilisant différentes technologies de conversion, de sorte à apporter une plus-value à l'industrie locale.

La présente étude porte sur la fabrication de biocombustible solide à partir des coques d'anacarde. L'objectif principal de notre étude est de mettre en place une plateforme biocombustible pour la fabrication de charbon de coques d'anacarde, par une carbonisation, et des briquettes de charbon.

Plus spécifiquement il s'agira de réaliser :

- La conception du réacteur du charbon ;
- L'étude technico-économique du projet ;
- L'optimisation et l'amélioration de la technologie et de la technique de carbonisation des coques d'anacarde.

Pour mieux atteindre nos objectifs, nous allons tout d'abord réaliser une étude technico-économique du projet, ensuite passer à la mise en place de la plateforme biocombustible. Enfin, nous mènerons une étude expérimentale de la carbonisation des coques d'anacarde.

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

1. INTRODUCTION

Cette partie présente le contexte dans lequel s'est déroulé ce mémoire ; elle présente la structure d'accueil. Aussi, l'on y décrit l'envergure des travaux à réaliser pour la mise en place de la plateforme biocombustible.

2. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE DU PROJET

2.1 Historique

Fúnteni Installations et Conseil a été créé en 2017. Elle est régie par les dispositions de la loi Burkinabé.

2.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Fúnteni Installations et Conseil a son siège à Bobo-Dioulasso, capitale économique du Burkina Faso et plus précisément dans le secteur 16 (Saint-Etienne).

Son adresse est jartsan@funteni.com, téléphone : (+226) 73 16 83 37.

2.3 PRINCIPALES ACTIVITES

Fúnteni Installations et Conseil est un bureau d'étude qui accompagne les industriels, tant les petits entrepreneurs que les grands groupes dans la maintenance de leurs équipements, la proposition des technologies nouvelles et de conseils dans l'exploitation. La structure d'accueil est spécialisée dans l'optimisation de la production, la qualité environnement projets, la formation technique et sécurité, l'énergie et le biocombustible.

2.4 ORGANISATION

Fúnteni est géré par une Directrice Générale. Celle-ci collabore avec d'autres entreprises et d'autres unités. Ainsi, au sein de Fúnteni, nous avons :

- ✓ Un Directeur technique
- ✓ Une Ingénieure Biomasse-Energie

2.5 ZONE D'ETUDE

La ville de Bobo-Dioulasso est située au Burkina Faso, elle représente la région économique du pays. C'est également le lieu où est concentré la grande partie des industries de transformation de noix d'anacardes. La zone visée pour implantation de ce projet est la nouvelle zone industrielle située au secteur 23 (Bobo-Dioulasso).

L'image Maps de la *figure 1 et 2* nous montre la situation géographique de la zone:



Figure 1: Region de Bobo-Dioulasso



Figure 2: Nouvelle zone industrie

III. PRESENTATION DU PROJET

1. PROBLEMATIQUE ET CONTEXTE

Une étude d'évaluation du potentiel des biocultures entreprise par le CEREEC (CEREEC, 2015) révèle qu'un choix adéquat des combinaisons cultures/région offre de nombreuses opportunités pour le développement de diverses applications liées à une production décentralisée d'énergie. Ceci renforce l'idée que l'énergie d'origine locale et biologique, de sources planifiées et non compétitives avec l'alimentation (biomasse résiduelle), aurait un rôle très important dans la recherche de durabilité des systèmes économiques dans les économies ouest-africaines.

Fünteni Installations et conseil s'est engagé dans le développement et l'application des technologies de valorisation énergétique de sous-produits de transformation agro-alimentaire. À Bobo-Dioulasso, il s'agit des déchets de coques dans les petites et moyennes unités de transformation des noix de cajou (noix d'anacarde). En effet malgré la forte disponibilité des coques d'anacarde ainsi que leur pouvoir calorifique plus élevé que ceux du bois (24900 kJ/kg (ETTIEN, 2010) contre 8368 à 17 991 kJ/kg pour le bois (Picbleu, 2019)); celles-ci trouvent une valorisation difficile et la combustion pose problème dû à la nature corrosive de l'huile

contenue à l'intérieur, appelée Cashew Nut Shell Liquid (CNSL). *La figure 3* présente la pomme de cajou, elle est constituée de la pomme et de la noix. La noix quant à elle est constituée de 75% de coques et 25% d'amande (Amadou, 2013).



Figure 3: noix de cajou

Quelques initiatives se sont développées localement visant la réduction des déchets d'anacarde, de façon à bénéficier aussi l'industrie locale. C'est le cas de la combustion directe des coques d'anacarde ; mais celle-ci cause des problèmes de fumée et d'odeur dû à l'huile corrosive que contiennent ces coques. Nous avons également la gazéification des coques d'anacarde à travers des fours construits localement, ce qui réduit les nuisances environnementales de la combustion des coques, à des fins industrielles. Cependant les huiles contenues dans les coques rendent leur valorisation difficile d'un point de vue technique et environnemental.

Des solutions pour pallier aux difficultés évoquées plus haut est la carbonisation des coques, en éliminant dans le processus le CNSL contenu dans les coques d'anacarde et obtenant en conséquence du charbon de coques. Ainsi notre étude portera sur la réalisation d'une plateforme Biocombustible.

2. JUSTIFICATION DE L'ETUDE

La région des hauts-bassins où est située la ville de Bobo-Dioulasso renferme de nombreuses unités industrielles et semi-industrielles de transformation de noix d'anacarde. Ainsi, il y a dans cette ville la disponibilité d'une forte quantité des coques d'anacarde pouvant être transformée en charbon par une réaction de carbonisation. L'enquête socio-économique réalisée par Fúnteni installations et conseil a permis de mettre en évidence les habitudes de consommation en charbons de bois à Bobo-Dioulasso.

Les résultats sont renseignés dans *la figure 4* :

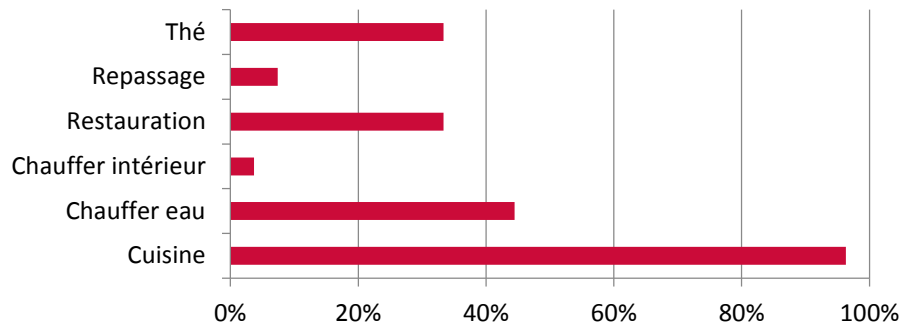


Figure 4: Utilisation de charbon de bois à Bobo-Dioulasso

De cette figure on remarque que la majeure partie des personnes enquêtées utilisent le charbon de bois pour la cuisine. Les autres utilisations n'étant pas non plus négligées. Ceci montre dans cette zone que l'utilisation du charbon de bois énergie est une réalité et qu'une nouvelle voie de production de charbon pourrait être intéressante.

Ainsi la forte utilisation du charbon à Bobo-Dioulasso, l'excès des coques d'anacarde, les conséquences du mauvais stockage de ces coques ainsi que son pouvoir calorifique élevé sont là des raisons qui nous ont poussées au développement et application des technologies de valorisation énergétique.

La suite du travail sera organisée comme suit :

- Étude technico-économique de la mise en place de la plateforme biocombustible
- Conception des réacteurs de charbon
- Installation du four à pyrolyse
- Étude d'impact environnemental et social
- Tests de carbonisation
- Évaluation de la rentabilité pour une unité de fabrication de charbon

IV. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE CARBONISATION DE COQUE D'ANACARDE

1. GENERALITE

Le fruit de l'anacardier (*anacardium occidentale* de son nom scientifique), appelé anacarde ou encore noix de cajou est composé de deux parties : la pomme et la noix d'anacarde. La noix d'anacarde contient elle-même une amande recouverte d'une pellicule et l'ensemble emprisonné dans une coque rigide. Cette coque a une masse beaucoup plus importante que l'amande, en effet elle représente environ 75% de la noix d'anacarde et l'amande ne représente environ que 25% (Amadou, 2013).

Cette coque présentée sur la figure 5 est la matière première pour nos tests de carbonisation.



Figure 5: Coques d'anacarde

2. DEFINITION

La carbonisation est la transformation plus ou moins rapide d'une substance organique en charbon, gaz et goudron sous l'effet de la chaleur et le moins d'oxygène possible, avec une faible vitesse de chauffe. C'est donc une pyrolyse lente qui a lieu à des températures comprises généralement entre 280°C et 500°C (Diomande, 2017).

Elle se distingue de la gazéification qui se fait en présence d'un comburant gazeux (gaz carbonique, vapeur d'eau puis oxygène/air) à une température supérieure à 700°C et de la combustion qui demande une certaine quantité de O₂ à une température dépassant les 1000°C.

On distingue trois différents types de carbonisation en fonction du mode d'apport de l'énergie nécessaire au procédé (DIOMANDE, 2017) :

+ Carbonisation par combustion partielle

La carbonisation par combustion partielle ou oxydation partielle : l'énergie nécessaire à la carbonisation est fournie par combustion d'une partie de la biomasse.

+ Carbonisation par chauffage externe

La carbonisation par chauffage externe : l'énergie nécessaire à la carbonisation est fournie à la chambre de carbonisation par un foyer de chauffe externe (ou chambre de combustion) par l'intermédiaire d'une surface.

+ Carbonisation par contact de gaz chaud

La carbonisation par contact de gaz chaud : l'énergie nécessaire à la carbonisation est fournie par des gaz chauds provenant d'un foyer externe et mis en contact direct avec la biomasse.

3. FICHE TECHNIQUE DU REACTEUR A CHARBON

a. Introduction

Cette fiche technique fait le point sur la technologie réacteur de charbon et pourra aider à la compréhension.

La production du charbon à partir de coques d'anacarde peut se faire à l'aide d'un réacteur à charbon. Il s'agit de l'équipement utilisé dans le processus de production de charbon vert.

b. Caractéristique du réacteur

Ce réacteur à charbon a été construit en Mars 2019 à Bobo-Dioulasso par un artisan local.

Elle a une capacité respective de 26,6 kg ou 35 kg selon qu'il s'agit à l'intérieur de la petite ou la grande barrique. La conversion moyenne des coques en charbon est **14,7%** de la masse.

Le schéma présenté à **la figure 6** nous donne les détails sur les différentes parties du réacteur.

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

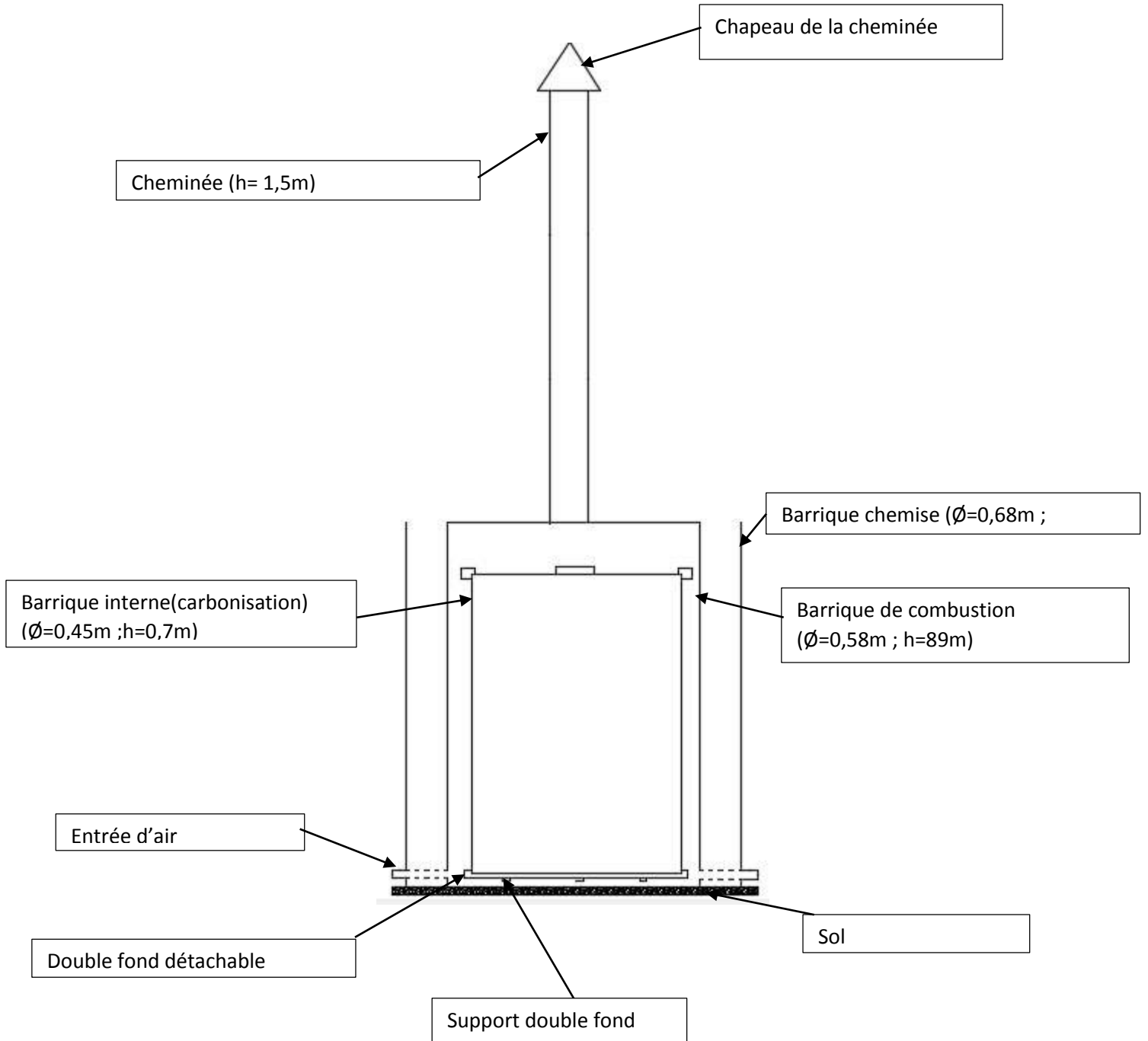


Figure 6:vue en coupe du réacteur

c. Processus de production du charbon

La production du charbon se fait suivant le processus suivant :

1ère étape préliminaire : Mesure du poids des coques à charger dans la barrique à carbonisation.

2ère étape préliminaire : Mesure de la quantité de coques à introduire dans la barrique de combustion.

Après ces étapes préliminaires suit les 3 étapes de la carbonisation elle-même :

✚ La phase de séchage ou de déshydratation des coques

Cette phase commence lorsqu'on allume le feu dans la barrique de combustion.

Au cours de cette phase les fumées dégagées au niveau de la cheminée sont de couleur blanche touffues. La déshydratation des coques se termine lorsque les fumées changent de couleur.

✚ La phase de carbonisation ou endothermique

Quand la phase de déshydratation est terminée, commence la phase de carbonisation où la température monte au-delà de 250°C. En ce moment, il apparaît des gaz de pyrolyse. Une partie de ces gaz circulent de la barrique de carbonisation à la barrique de combustion via les trous de circulation, où ils s'enflamment automatiquement au contact du feu. Ce mécanisme de recyclage des gaz de pyrolyse permet d'économiser la consommation des coques d'anacarde dans la chambre de combustion.

Cette phase prend fin, lorsque toutes les coques sont totalement carbonisées.

✚ La phase de refroidissement

Cette phase commence lorsque la phase exothermique est terminée. Elle peut durer 9 voir 10h, ensuite on extrait le charbon de coques.

d. Conclusion partielle

Les coques carbonisées peuvent être utilisées comme combustible directement pour les travaux domestiques, pour la préparation du thé mais aussi pour le repassage.

4. TESTS EXPERIMENTAUX

Dans le but d'apporter des améliorations à notre technologie de carbonisation (réacteur), ainsi qu'à la carbonisation de la coque d'anacarde elle-même nous avons décidé de mener certains tests expérimentaux.

Au fur et à mesure que nous réalisons ces tests nous apportons des améliorations avec pour objectif d'obtenir une réaction de carbonisation optimisée et donc un bon rendement de carbonisation.

a. Protocole de carbonisation

Les coques sont pesées puis transférées dans la barrique de carbonisation, après nous fermons hermétiquement la barrique, le combustible est ensuite chargé dans la deuxième barrique servant à la combustion. Par la suite nous mettons le feu puis nous fermons la barrique où a lieu la combustion et servant d'apport de chaleur à la barrique de carbonisation et nous attendons la fin de la carbonisation. Cela nous sera indiquée par la fumée sortante de la cheminée. *La figure 7* ci-dessous illustre cela.



Figure 7: Début et fin de la réaction

Nous avons réalisé 08 tests de carbonisation. Le but était d'évaluer les performances du nouveau réacteur mis sur place et d'y apporter des modifications.

Comme énoncé plus haut notre matière première est la coque d'anacarde et notre équipement principal est le réacteur. *Le tableau 1* ci-dessous présentera la quantité de coques de chaque test, l'humidité des coques évaluée à partir du nombre de jour de stockage à l'air libre après décorticage. La taille également des coques est prise en compte. Notons que plus les coques sont utilisées quelques jours après décorticage, plus elles sont moins humides.

Tableau 1: Caractéristiques des coques carbonisées

Numéro de test	M1 (kg)	Nombre de jours après decorticage	Taille des coques
1	34,2	0	Grandes
2	26,6	1	Moyennes
3	29	2	Moyennes
4	26,6	4	Petites
5	26,6	4	Petites
6	35	7	Petites
7	35	8	Petites
8	61	11	Grandes

Le but de ses tests étant d'évaluer la performance (rendement) du réacteur et obtenir la meilleure condition d'utilisation du carbonisateur selon l'influence du taux d'humidité et la taille des coques.

M1 étant la quantité de coques utilisées pour la carbonisation(kg), les résultats de ces différents tests se présenteront dans la suite du travail.

b. Résultats des tests

La méthode de calcul du rendement en charbon (R_{ch}) et du rendement global (R_g) se présente comme suit :

$$R_g = \frac{\text{Quantité de charbon obtenue}}{\text{Quantité de coques chargées dans la barrique} + \text{Quantité de coques combustibles}}$$

$$R_{ch} = \frac{\text{Quantité de charbon obtenue}}{\text{Quantité de coques chargées dans la barrique}}$$

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Le **tableau 2** donne des détails sur les résultats des différents tests réalisés

Tableau 2: Résultats des tests de carbonisation

Numéro de test	Nature de la Barrique interne	M1 (kg)	M2(kg)	Temps de carbonisation (h)	Quantité de charbon obtenue (kg)	Rendement de charbon (%)	Rendement Globale(%)
1	diametre 0,45m	34,2	30,4	12	7	20,47	10,84
2	diametre 0,40m	26,6	26,6	8,5	3	11,28	5,64
3	diametre 0,40m	29	26,6	10,2	3	10,34	5,40
4	diametre 0,40m	26,6	26,6	7,2	4,2	15,79	7,89
5	diametre 0,40m	26,6	33,8	6,8	3	11,28	4,97
6	diametre 0,45m	35	26	7	6	17,14	9,84
7	diametre 0,45m	35	26	7,2	5,8	16,57	9,51
8	diametre 0,58m	61	0	7	0	0,00	0,00

M1=quantité de coques utilisées pour la carbonisation(kg), M2=quantité de coques utilisées comme combustibles(kg), le tableau détaillé des tests de carbonisation se présentera en **annexe1**.

c. Interprétation des résultats

Cette partie présente les différents résultats expérimentaux et théoriques obtenus dans le cadre des tests de carbonisation. Il s'agit entre autre de l'influence des paramètres de l'air, de l'humidité, de la taille des coques et de la propagation de la chaleur dans la chambre de carbonisation.

✚ Test 1

Les résultats montrent qu'avec 34,2 kg de coques dans le réacteur et 30,4 kg de coques d'anacarde comme combustible, on obtient par la carbonisation 7 kg de charbon de coques. Avec ce test, nous avons eu un rendement en charbon de 20,46% et un rendement global de 10,84%. Néanmoins notre temps de carbonisation était relativement long avec un charbon de mauvaise qualité (présence de beaucoup de fumée en contact de la chaleur, présence d'odeur). Cela pourrait être dû non seulement à l'humidité des coques mais aussi au fait que la barrique était grande ($\text{Ø}=0,45\text{m}$) et la chaleur avait du mal à atteindre les coques se trouvant tout au centre. La *figure 8* présente le charbon issu de ce test.



Figure 8: Charbon issu du premier test

✚ Test 2

Pour pallier au problème de répartition de la chaleur à l'intérieur de la barrique le test 2 a été réalisé cette fois ci avec une barrique de diamètre $\text{Ø}=0,40\text{m}$. Notons que toutes ces deux barriques ont à leur centre un tuyau permettant de transmettre la chaleur au centre.

A la suite de ce test nous avons obtenu un rendement de charbon de 11,27% et un rendement global de 5,67% avec une contenance en coques de 26,6 kg et un temps de carbonisation des coques de 8,5h. La qualité du charbon est également bonne. Ce résultat est peut-être dû au fait que les coques n'étaient pas humides. Avec la petite Barrique (barrique de carbonisation) la

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

chaleur arrive à atteindre les coques se trouvant tout au fond. Pour confirmer ces résultats nous allons reprendre un test similaire. La figure 9 illustre le charbon obtenu lors de ce test.



Figure 9: Charbon issu du test 2

✚ Test 3

Le test 3 est fait pour des raisons de vérification du résultat précédent. Ainsi avec 29 kg de coques dans le réacteur et 26,6 kg de coques d'anacarde comme combustible, nous avons obtenu par la carbonisation 3 kg de charbon de coques. Avec ce test, nous avons eu un rendement en charbon de 10,34% et un rendement global de 5,40%. Nous avons un temps de carbonisation de 10,2h plus long que le précédent ceci s'explique par les conditions du temps de ce jour (nuageux, excès de vent) et un excès de fumée. Nous avons donc décidé d'augmenter la hauteur de la cheminée de 1m, elle est donc passée de 1,5m à 2,5m et de rajouter quatre entrée d'air sur la barrique dans laquelle a lieu la réaction de combustion afin de voir l'influence qu'elle aura sur nos tests de carbonisations ainsi que sur la fumée.



Figure 10: Charbon issu du test 3

Test 4

Après les améliorations, nous avons réalisés de nouveaux tests de carbonisation. On assiste à une durée de carbonisation plus courtes que les précédentes soit 7,2h mais aussi la fumée est de moins en moins dérangeante. Nous concluons donc une insuffisance d'air au niveau des tests précédents. Nous obtenons un rendement en charbon de 15,78% et un rendement global de 7,89%. Après ceci nous avons réalisés le test 5 afin de confirmer les résultats obtenus au test 4.



Figure 11: Charbon issu du test 4

Test 5

Ce test confirme bien les résultats du test 4. La carbonisation a duré 6,8h notre rendement en charbon est égale à 11,27% et un rendement global de 4,97%.



Figure 12: Charbon issu du test 5

Test 6

Le test a été mené dans le but de voir si les modifications opérées à savoir l'augmentation de la taille de la cheminée et l'ajout des entrées d'air pouvaient avoir une influence sur la grande barrique dont les performances étaient insuffisantes par manque de pénétration de la chaleur au fond de la barrique. La carbonisation a duré 7h de temps et nous avons obtenu un rendement en charbon de 17,14%. La qualité du charbon est meilleure car sa combustion ne produit pas de

fumées en comparaison au premier test ; nous pouvons conclure que les entrées d'air ont eu d'influence positive sur cette carbonisation. Le charbon issu de cette carbonisation se présente comme suit à la *figure 13*.



Figure 13: Résultat test 6

Test 7

Ce test nous permettra d'avoir des confirmations sur les résultats du test 6. Après la réalisation de ce test avec la même masse de coques 35 kg et la même barrique nous obtenons un rendement et un temps de carbonisation proche du test 6. Le rendement en charbon est de 16,57 % avec un temps de carbonisation égale à 7,2 h. Ces résultats permettent de confirmer l'impact positif des modifications ci-dessus apportées au réacteur.



Figure 14: Résultat test 7

✚ Test 8

Le test 8 concerne une méthode de carbonisation nouvelle à notre réacteur, elle se présentera comme suit :

Ici nous avons retiré la barrique de carbonisation du réacteur et nous avons mis les coques directement dans la barrique où nous faisons généralement la combustion. Nous avons mis directement le feu et nous avons fermé. A la fin de la carbonisation nous retrouvons avec de la cendre à la place du charbon, il y'a donc un excès d'air et cette méthode n'est pas adaptée à notre carbonisateur. *Les figures 15 ; 16 et 17* présentent l'état du réacteur et du sol après ce test ainsi que le produit obtenu (cendres). De ce test on en déduit qu'il faut bien utiliser 2 barriques pour qu'il y ait séparation de la flamme et du lit de matière première et penser à recueillir le CNSL pendant les réactions de carbonisation afin de mieux entretenir le réacteur ainsi que l'état du sol.



Figure 15:Etat du réacteur après le test 8



Figure 16:Etat du sol après le test 8



Figure 17:produit de la carbonisation du test 8

5. TEST D'EBULLITION DE L'EAU (TEE)

Le Test d'Ébullition de l'Eau (TEE) est une simulation simplifiée du processus de cuisson. Il vise à mesurer l'efficacité avec laquelle un foyer utilise du combustible pour chauffer de l'eau dans une marmite et mesurer la quantité des émissions produites pendant la cuisson (PCIA et al., 2014).

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Dans le but de comparer le charbon de coques d'anacarde et du bois, nous avons jugé nécessaire d'effectuer deux TEE. Le TEE se compose en trois phases qui sont : la phase haute puissance avec démarrage à froid, la phase haute puissance avec démarrage à chaud et la phase de mijotage. Dans notre cas nous nous sommes arrêtés à la première phase pour comparer les deux types de charbon celui du bois d'une part et celui des coques d'autre part.

a. Équipements

Le système de cuisson comprend un foyer, un combustible, une marmite, et un opérateur. Nous disposons également d'un thermocouple et d'une balance.

b. Condition des tests

Les **tableaux 3 et 4** nous donnent les conditions dans lesquelles les TEE ont été réalisés.

Tableau 3: Conditions de réalisation du TEE 1

Conditions de test 1		
Pression	Atmosphérique	
Quantité d'eau	2l	
Matériaux d'allumage	Carton, brindilles	
Combustibles	Coques	Bois
Quantité(kg)	0,6	0,6
Temps d'allumage en mn	9	31

Tableau 4: Conditions de réalisation du TEE 2

Conditions de test 2		
Pression	Atmosphérique	
Quantité d'eau	2l	
Matériaux d'allumage	Carton, brindilles	
Combustibles	Coques	Bois
Quantité(kg)	0,47	0,25
Temps d'allumage en mn	11	15

c. Protocole des tests

- ✚ Mesurer la température ambiante
- ✚ Peser la quantité de combustible pour chaque foyer
- ✚ Mesurer la quantité d'eau
- ✚ Vérifier que les foyers sont à température ambiante et propres
- ✚ Démarrer le feu et le gérer de manière à atteindre le plus rapidement possible le point d'ébullition
- ✚ Positionner les marmites, ajouter l'eau correspondante à température ambiante

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

- ✚ Plonger la sonde de mesure dans la marmite
- ✚ Le point d'ébullition est atteint quand la température est stabilisée

Après le 1^{er} test nous aurons une idée sur la quantité de combustible suffisante pour le foyer utilisé.

Les *figures 18 ;19 et 20* ci-après illustrent les différentes étapes des TEE. La figure 18 présente le charbon de coques et de bois dans les foyers après la pesée, la figure 19 montre le début de combustion des deux types de charbon et la figure 20 quant à elle illustre la façon dont la température est mesurée pendant le TEE.



Figure 18:Charbon de coques et de bois après pesé



Figure 19:feu de charbon de coques et de bois



Figure 20: Test d'ébullition de l'eau

d. Résultat des tests

Les figures 21 et 22 présentent les résultats des tests d'ébullition de l'eau :

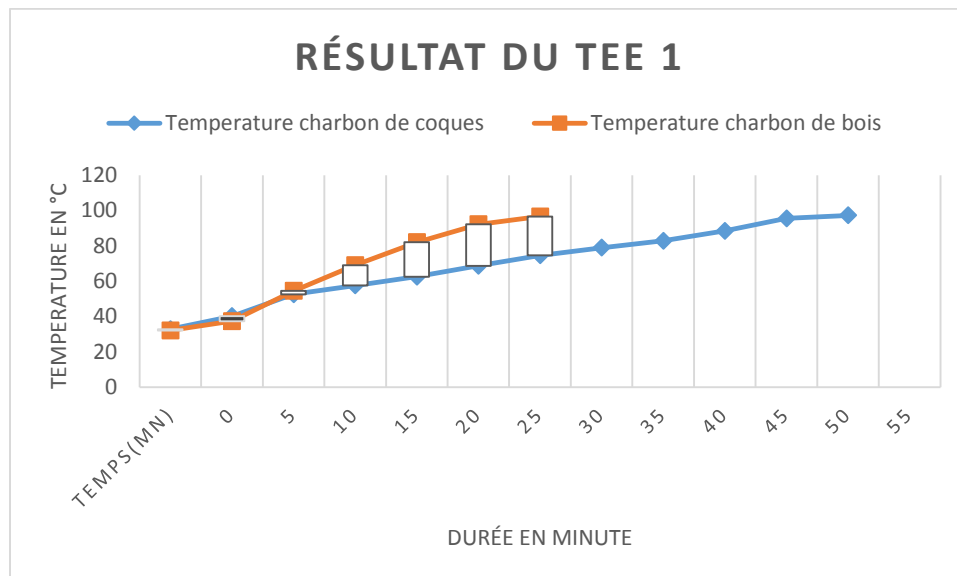


Figure 21: Résultat TEE 1

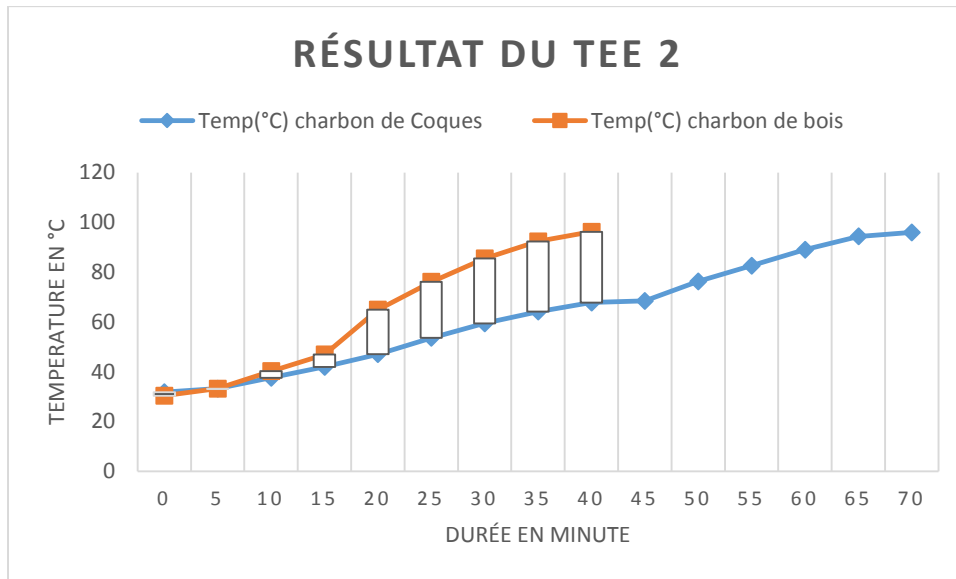


Figure 22: Résultat TEE 2

e. Calculs des valeurs énergétiques

✚ Rendement thermique

Le rendement thermique est le rapport entre la quantité d'énergie absorbée par la marmite et la quantité d'énergie produite par le charbon. Il se calcule par la formule suivante :

$$\eta = \frac{m_e * C_e(T_f - T_i) + m_{ev} * L_v}{m_b * PCI} \times 100$$

Avec

m_e : Masse d'eau

C_e : Capacité calorifique de l'eau

T_f : Température finale de l'eau

T_i : Température initiale de l'eau

m_{ev} : Masse d'eau évaporée

L_v : Chaleur latente évaporation de l'eau

m_b : Masse de charbon consommée

PCI : Pouvoir calorifique du charbon (coques ou bois)

✚ Consommation spécifique

Elle détermine la quantité de charbon qu'il faut dans le foyer pour porter un litre d'eau à ébullition. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$CS = \frac{((M_{ci} - M_{cf}) * (1 - \%H_2O))}{(M_{mei} - M_m)}$$

Où M_{mei} = masse de la marmite et de l'eau initiale

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

M_m = masse de la marmite à vide

M_{ci} = masse charbon initiale

M_{cf} = masse finale de charbon

% H_2O : Humidité du charbon

Consommation horaire

C'est le rapport entre la quantité de charbon consommée et la durée du test

$$\text{Consommation horaire} = \frac{m_b}{\Delta t}$$

Avec Δt : Durée du test

Le calcul de ses trois variantes donne les résultats du **tableau 5** ci-dessous et les détails des calculs seront joints en **Annexe 3**.

Tableau 5: Calculs des valeurs énergétiques des deux types de charbon

Test 1			
Type de combustible	Charbon de coques d'anacarde	Charbon de bois	Unités
Rendement thermique	5,42	11,79	%
Consommation spécifique	0,235	0,125	kg/l
Consommation horaire	9,03	8,06	g/min
Test 2			
Type de combustible	Charbon de coques d'anacarde	Charbon de bois	Unités
Rendement thermique	10,98	30,6	%
Consommation spécifique	0,225	0,115	kg/l
Consommation horaire	7,03	5,89	g/min

f. Interprétations des résultats

Avec ce TEE à pression atmosphérique, on observe que 470 g de charbon de coques permettent de bouillir 2 l d'eau après une durée moyenne de 52 minutes avec un temps d'allumage moyenne de 10 minutes. Quant au charbon de bois, on constate qu'une quantité de 250 g permet de bouillir la même quantité d'eau après une durée moyenne de 33 minutes et un temps d'allumage de 23 minutes. Aussi les courbes de la **figure 21 et 22 nous** montrent l'évolution de la température pendant les tests.

On remarque au cours des TEE l'écart de température entre le TEE avec le charbon de bois et celui avec le charbon de coques. A une durée donnée l'eau se trouvant sur le charbon de bois chauffe plus que celle se trouvant sur le charbon de coques d'anacarde. Ainsi donc dans les deux cas l'eau se trouvant sur le charbon de bois atteint l'ébullition avant celle se trouvant sur

le charbon de coques. La différence du rendement thermique entre le charbon de coques 5,42% et le charbon de bois 11,79% (1^{er} test) peut s'expliquer par la différence entre leur PCI, cette différence se présente également au niveau du 2eme test. La consommation spécifique quant à elle montre que pour bouillir un litre d'eau il faudra plus de charbon de coques que de charbon de bois. Cela peut s'expliquer par la faible densité du charbon de coques. En terme de consommation horaire le charbon de coques consomme plus de quantité par unité de minute. On remarque donc une efficacité thermique du charbon de bois lors des TEE. Cela s'explique non seulement par le fait que la cendre s'accumule plus avec le charbon de coques ce qui a tendance à vouloir éteindre le feu, mais aussi par la faible densité du charbon de coques. Néanmoins nous n'avons constaté de la fumée au niveau du charbon de coque que lors de la phase d'allumage.

Conclusion partielle

À la fin de ces différents tests nous avons pu tirer les conclusions suivantes :

✚ Facteurs influençant une réaction de carbonisation

Les tests de carbonisation ont permis de voir et de comprendre les différents facteurs influençant une réaction de carbonisation. Parmi ces facteurs on peut citer :

- La vitesse du vent
- L'humidité de la matière
- La température de carbonisation
- Les entrées d'air du dispositif de carbonisation

✚ Caractéristiques d'une bonne carbonisation

L'utilisation du charbon de bois sera d'autant plus profitable qu'il sera brûlé plus efficacement et que sa qualité sera optimale pour l'usage auquel il est destiné. Une bonne carbonisation se caractérise par la qualité du charbon. Cette dernière peut être définie et mesurée de diverses manières qui découlent en général des exigences de telle ou telle utilisation. Cette qualité est influencée par :

- La température de carbonisation

C'est un des facteurs le plus influençant d'une réaction de carbonisation. Elle conditionne le rendement final et les propriétés physico-chimiques du charbon produit. Elle marque également les différentes phases la carbonisation à l'intérieur du four (Eric, 2017).

- Le teneur en humidité

La spécification de qualité pour le charbon de bois fixe généralement une limite de teneur en humidité de l'ordre de 5 à 15% du poids brut. Un charbon de bois à forte teneur en humidité montre une tendance à se fragmenter et à former de poussier (FAO, 2019).

- La teneur en cendre

La teneur en cendres du charbon de bois varie entre 0,5 environ et plus de 5%. Un charbon de bois en morceaux de bonne qualité aura normalement une teneur en cendre de l'ordre de 3% (FAO, 2019).

Aussi la matière volatile moyenne d'un charbon de qualité est estimée à 25% avec un taux de carbone de 70% (FAO, 2019). Pour une bonne carbonisation il est donc nécessaire de posséder des équipements permettant de contrôler ces différents facteurs. Ces critères sont valables pour le charbon de coques et à cela s'ajoute :

La couleur de la fumée, lorsque celle-ci est blanche cela signifie que la matière n'est pas humide et que la carbonisation se passe bien et l'obtention d'une fumée bleue témoigne d'une carbonisation parfaite. A la suite d'une bonne carbonisation le charbon obtenu ne fume pas lorsqu'on le brûle. Aussi on peut de façon rapide évaluer la qualité du charbon par la méthode visuelle et de l'odorat. L'autre façon serait de mettre le charbon sur une surface chaude pour vérifier la génération ou pas des fumées dès les premiers instants. Un charbon issu d'une bonne carbonisation ne s'effrite pas facilement et est résistant (FAO, 2019).

Caractéristique d'une mauvaise carbonisation

A la suite d'une mauvaise carbonisation la fumée est noirâtre cela peut être dû à une forte humidité de la matière. Aussi le charbon issu d'une mauvaise carbonisation fume beaucoup lorsqu'on le brûle.

V. ETUDE (DE FAISABILITE) TECHNIQUE

1. INTRODUCTION

L'objectif de ce projet étant de promouvoir le développement et l'application des technologies de valorisation énergétique des sous-produits de transformation agro-alimentaires, en particulier ceux issus de la transformation des noix d'anacarde. Nous avons décidé de mettre en place une plateforme biocombustible et de promouvoir la production du charbon de coques d'anacarde par la méthode de carbonisation.

2. HYPOTHESES DE BASE

Pour l'étude de faisabilité technique, deux choix s'offrent à nous. Il s'agit de la location de deux concessions se trouvant dans la nouvelle zone industrielle.

Pour l'aménagement du site les hypothèses émises sont décrites ci-dessous :

Le lieu d'implantation devra être un espace clôturé. Aussi nous prendrons en location un local déjà construit de 4,72*4,72m à 50000f ou de 5,46*2,98m à 40000f selon la concession choisie et cela en guise de bureau et de dépôt de certains matériels.

La construction de notre hangar de travail sera faite dans la mesure du possible dans les angles des murs afin d'optimiser l'utilisation de la tôle.

Nous prévoyons la fabrication de 4 réacteurs de modèles différents pour la plateforme, dans un premier temps nous fabriquerons le réacteur dont le modèle est décrit à *la figure 25 et 26*. Les 3 autres seront des modèles améliorés du premier.

Néanmoins nous considérons dans nos investissements le prix de 4 réacteurs.

3. ÉTUDE TECHNIQUE DE CHAQUE SOLUTION PROPOSEE/VARIANTE

3.1 Première étape : Mise en place de la plateforme Biocombustible.

a. Introduction

Pour atteindre nos objectifs nous allons donc procéder à une phase de conception, nous utiliserons des équipements locaux pour la mise en place de la plateforme Biocombustible.

Ainsi le matériel dont nous aurons besoin dans un premier temps est décrit comme suit :

- Un espace vide et équipé en partie d'un hangar pour le stockage du matériel, des sacs et servant de local pour le gardien ;
- 04 réacteurs de carbonisation de modèles différents ;
- Une table en guise de bureau ;

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

- Une balance pour la pesée ;
- Deux sondes de température pour la mesure de la température (pouvant aller jusqu'à 600°C) ;
- Une brouette ;
- Une pelle ;
- Deux seaux ;
- Des équipements de protection (Gants, lunettes, cache nez) ;
- Deux chaises
- Une presse manuelle
- Deux claies
- Un four à pyrolyse
- Bassine
- Tamis
- Mortier et pilon

b. Calcul et détermination des paramètres techniques

Dans cette partie nous allons définir les paramètres techniques permettant la bonne réalisation de la plateforme biocombustible :

- Choix et dimensionnement de l'espace et du hangar

Vue la fumée dérangeante de la réaction de carbonisation, l'espace destiné à la plateforme biocombustible doit être un lieu reculé et loin de toute habitation (ménage). La zone industrielle serait donc une bonne alternative.

La plateforme est constituée de 3 parties essentielles :

- L'espace réacteurs destiné à la carbonisation ;
- Le Hangar pour le stockage et le briquetage ;
- Et le local servant de bureau.

Ainsi, le dimensionnement sera fait en fonction de la surface totale occupée par les équipements. Des schémas présentés nous donnerons une représentation de la plateforme.

Pour l'espace de carbonisation nous avons prévu la place de 04 réacteurs de charbon. Le réacteur ou carbonisateur est un ensemble de 03 fûts concentriques de diamètres respectifs 0,68m ; 0,58 ; et 0,45m servant à la production du charbon. *Les figures 25 ; 26 et 27* présentent une vue de dessus et une vue en 3D de notre réacteur.

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Les calculs suivants nous donneront les détails sur le dimensionnement :

- ✓ Soit $\varnothing = 0,68m$ le diamètre de la plus grande barrique du réacteur, et considérons 1m d'espacement entre les réacteurs eux-mêmes et 1m entre réacteur et extrémité de la délimitation. Ce choix ne suit pas une norme, il s'explique par des constats lors de la manutention de notre réacteur. Nous avons alors :

- ✓ La longueur de l'espace réacteur :

$$\text{Longueur} = 0,68 * 4 + 5 * 1$$

$$\text{Longueur} = 7,72m$$

Pour la détermination de la largeur nous avons procédé de la même manière, ; ici nous avons laissé 5,2m de large pour que tout type de manutention soit possible vu le caractère mobile des réacteurs. A cela s'ajoute les 0,68 de diamètre du réacteur et l'espacement de 1m entre le réacteur et l'extrémité comme l'illustre **la figure 30**. Ce qui nous donne :

$$\text{Largeur} = 1 + 0,68 + 5,2$$

$$\text{Soit largeur} = 6,88m$$

$$\begin{aligned} \text{Notre lieu de carbonisation aura donc une superficie de: Surface} \\ = 6,88 * 7,72 \end{aligned}$$

$$\text{surface} = 54m^2$$

$$\text{Donc la surface totale occupée: Surface} = 54m^2$$

Un hangar de stockage de matière première, de dépôt de matériel de travail et servant pour le séchage et le briquetage du charbon sera construit à l'angle des murs de la cour. L'ensemble du hangar sera construit à 2m de l'espace réacteur et dimensionné de telle sorte à contenir 50 sacs de 100kg, deux claies de séchage de 1*1,2m, une balance, deux seaux, une brouette et les équipements de protection. Aussi le four à pyrolyse de diamètre 1,2m sera installé sous le hangar. Il sera en tôle. Il sera construit sur une superficie de 10,7 * 3,8 soit sur une surface de 40.66m² avec une hauteur de 4,5m comme le présente **la figure 23** ci-dessous.

Ainsi notre plateforme aura une superficie totale de :

$$\text{surface} = (54 + 40,66) m^2 \text{ soit Surface} = 94,66m^2$$

Cette surface est constituée de la surface utile et d'une surface permettant la manutention. Les schémas ci-dessous nous donnent une vue de dessus de l'espace réacteur et du hangar.

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Pour la construction de la plateforme nous avons besoin de certains matériaux tels que : la tôle, les tubes carrés, des armatures, poutre tube carré, des crochets d'attache, du ciment et quelques briques. Tous ceux-ci seront détaillés plus bas dans un devis quantitatif et estimatif.

Le dessin ci-dessous présente la plateforme biocombustible avec les mesures.

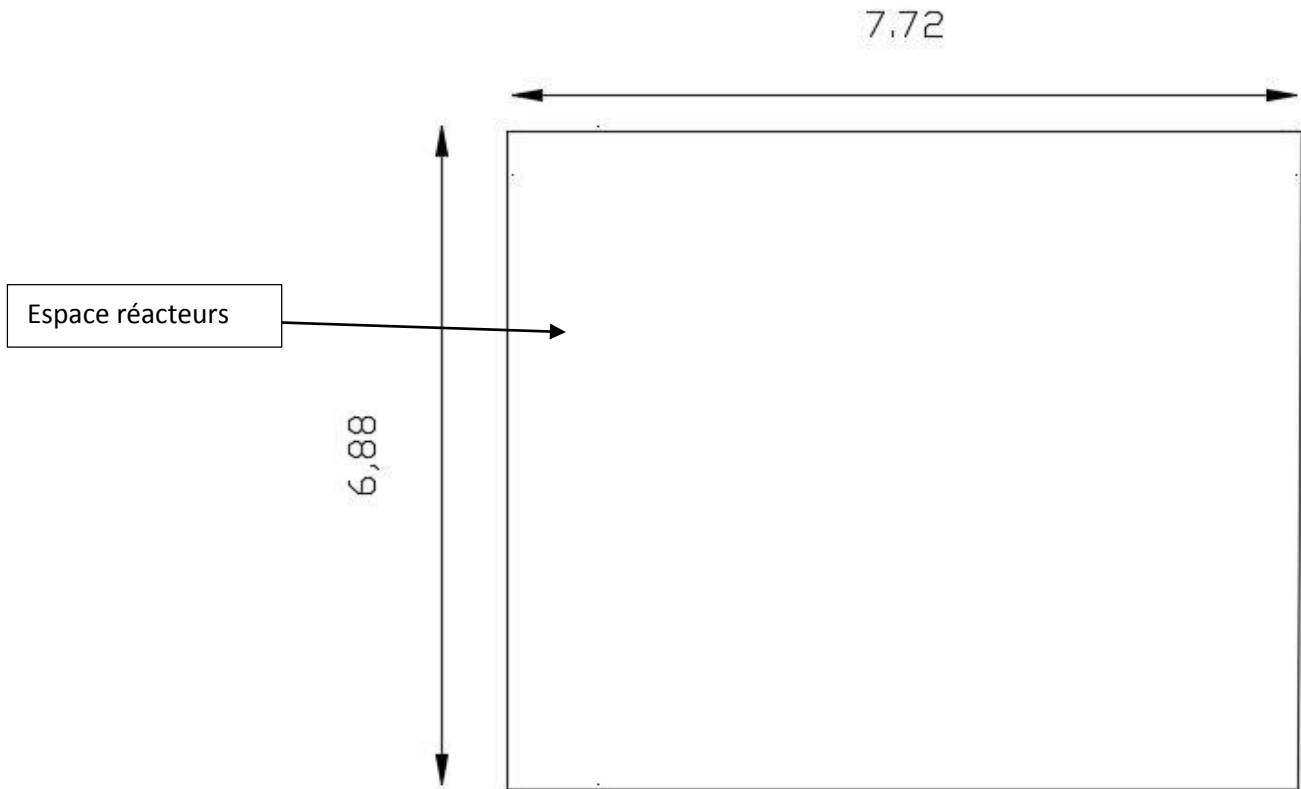


Figure 23: Espace réacteurs

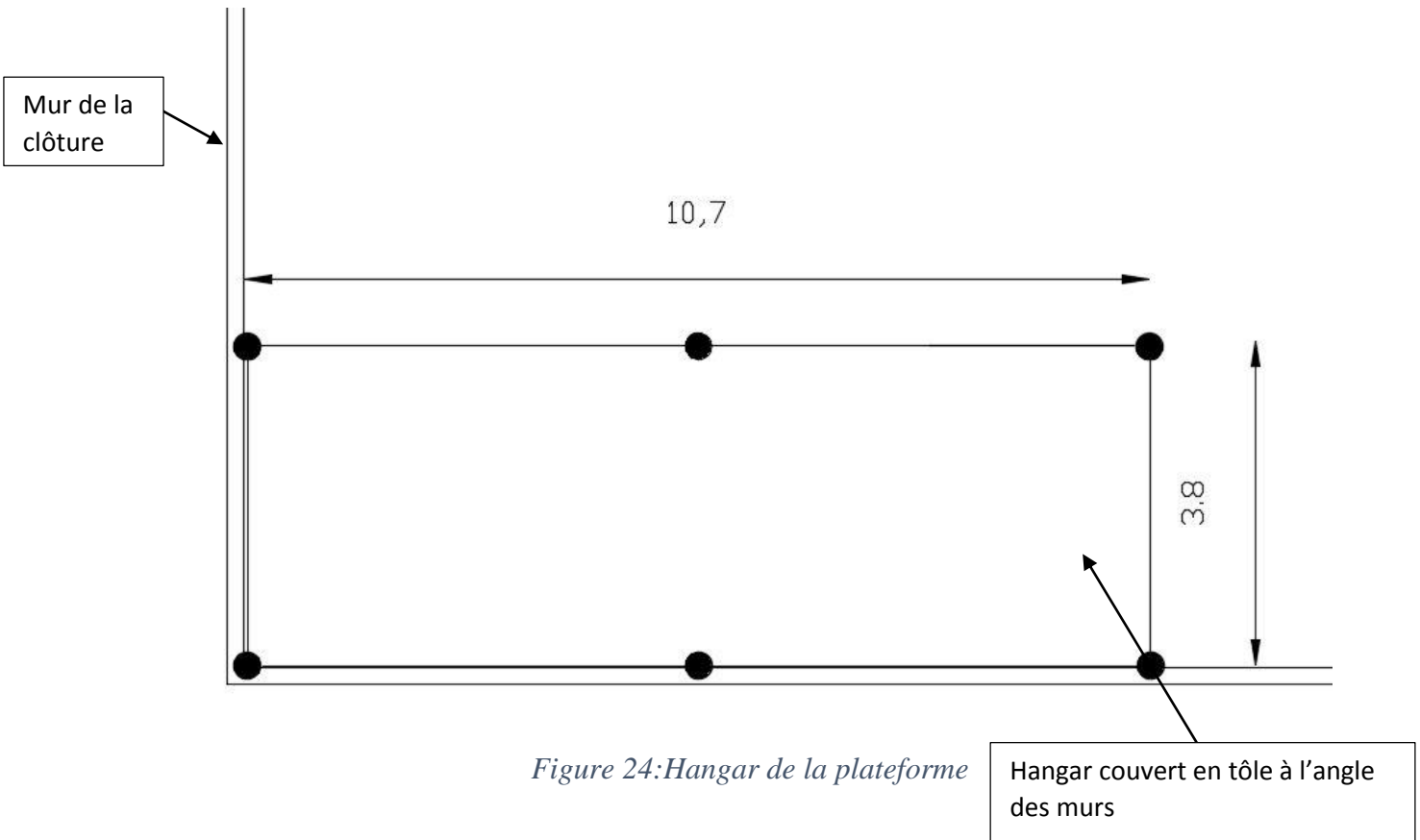


Figure 24: Hangar de la plateforme

□ Dimensionnement et caractéristiques du réacteur à charbon

Le réacteur sera conçu par un artisan local à Bobo-Dioulasso. Les caractéristiques du réacteur se présentent comme suit : une cheminée de hauteur 1,5m, elle permet d'évacuer vers l'extérieur les gaz de combustion et ou de pyrolyse. Elle doit être constante car un rétrécissement, élargissement ou obstacle peut en effet perturber l'évacuation des produits ; de trois (03) barriques concentriques dont les deux premières sont soudées de diamètre et de hauteurs respectives ($\varnothing=0,68\text{m}$; $h=0,89\text{m}$) et ($\varnothing=0,58\text{m}$; $h=0,89\text{m}$), la 3eme quant-à elle peut être chargée ou déchargée, c'est elle qui contient les coques destinées à la carbonisation elle a un diamètre et une hauteur de ($\varnothing=0,45\text{m}$; $h=0,7\text{m}$). Le choix de ces dimensions est basé sur le fait que nous voudrions un prototype pouvant être manipulé par au moins une personne. La première dimension c'est-à-dire celle de la chambre à combustion nous a été imposée par la barrique de 200L qui était notre référence. La seconde barrique (où a lieu la combustion) et la chemise qui protège contre les pertes thermiques n'ont pas de fond elles reposent directement sur du sable, la 3eme barrique dispose d'un double fond dont le second est démontable et constitué de petits trous ; Enfin il comprend 5 entrées d'air.

Les schéma ci-dessous nous donnent une vue de dessus et une vue en 3D du réacteur à charbon.

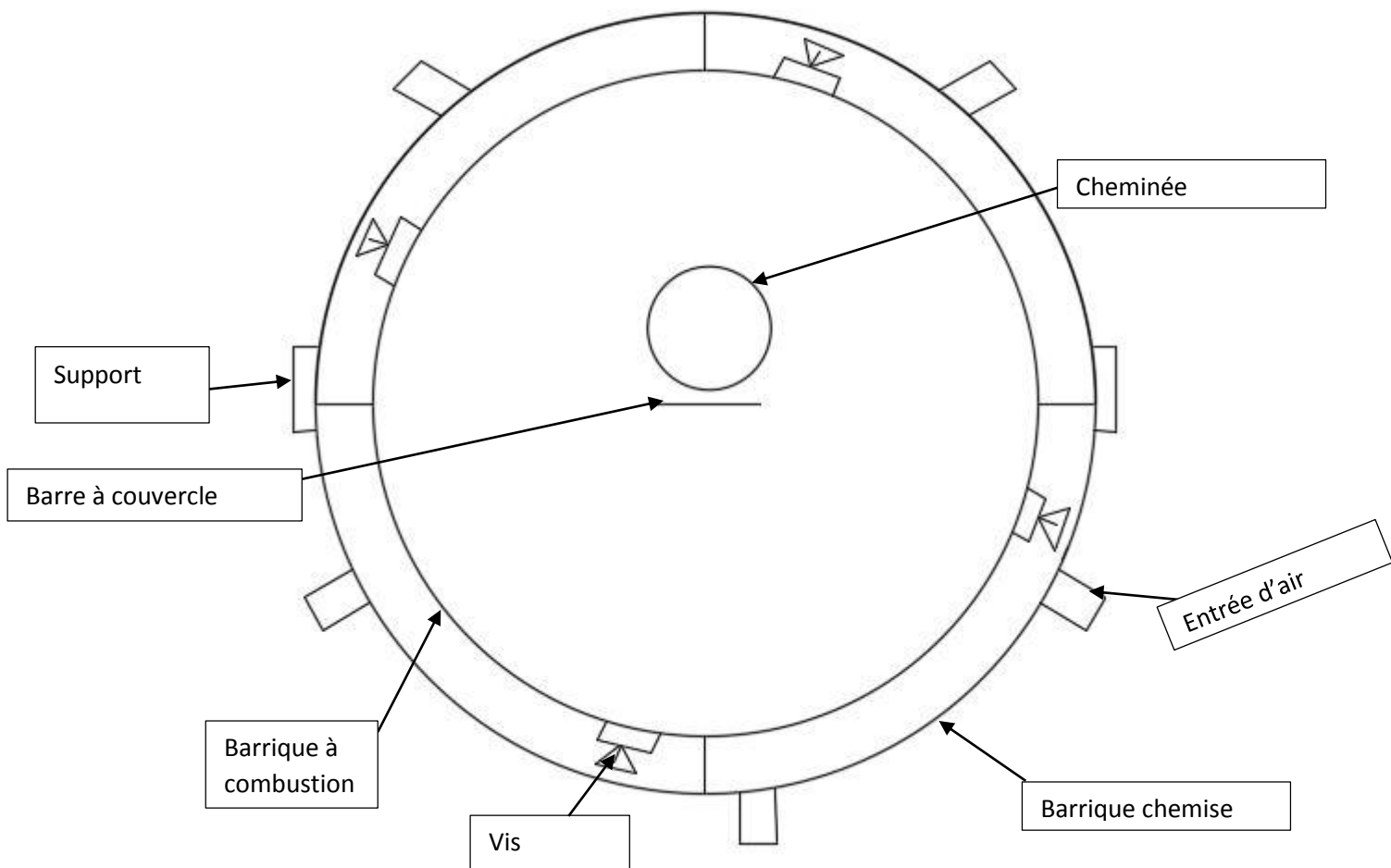


Figure 25:vue de dessus du réacteur à charbon

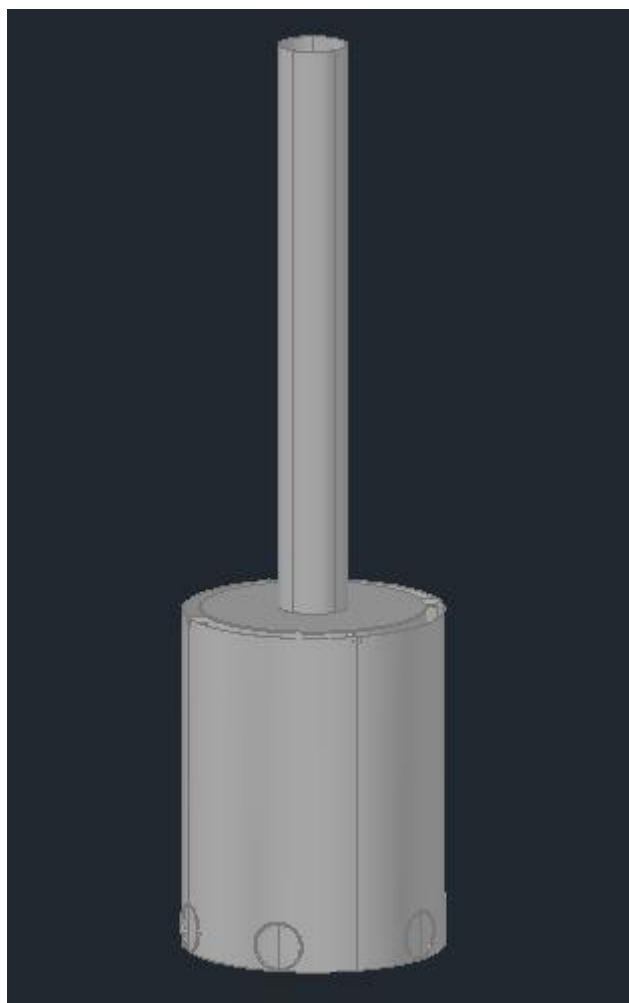


Figure 26: Vue en 3D du réacteur à charbon

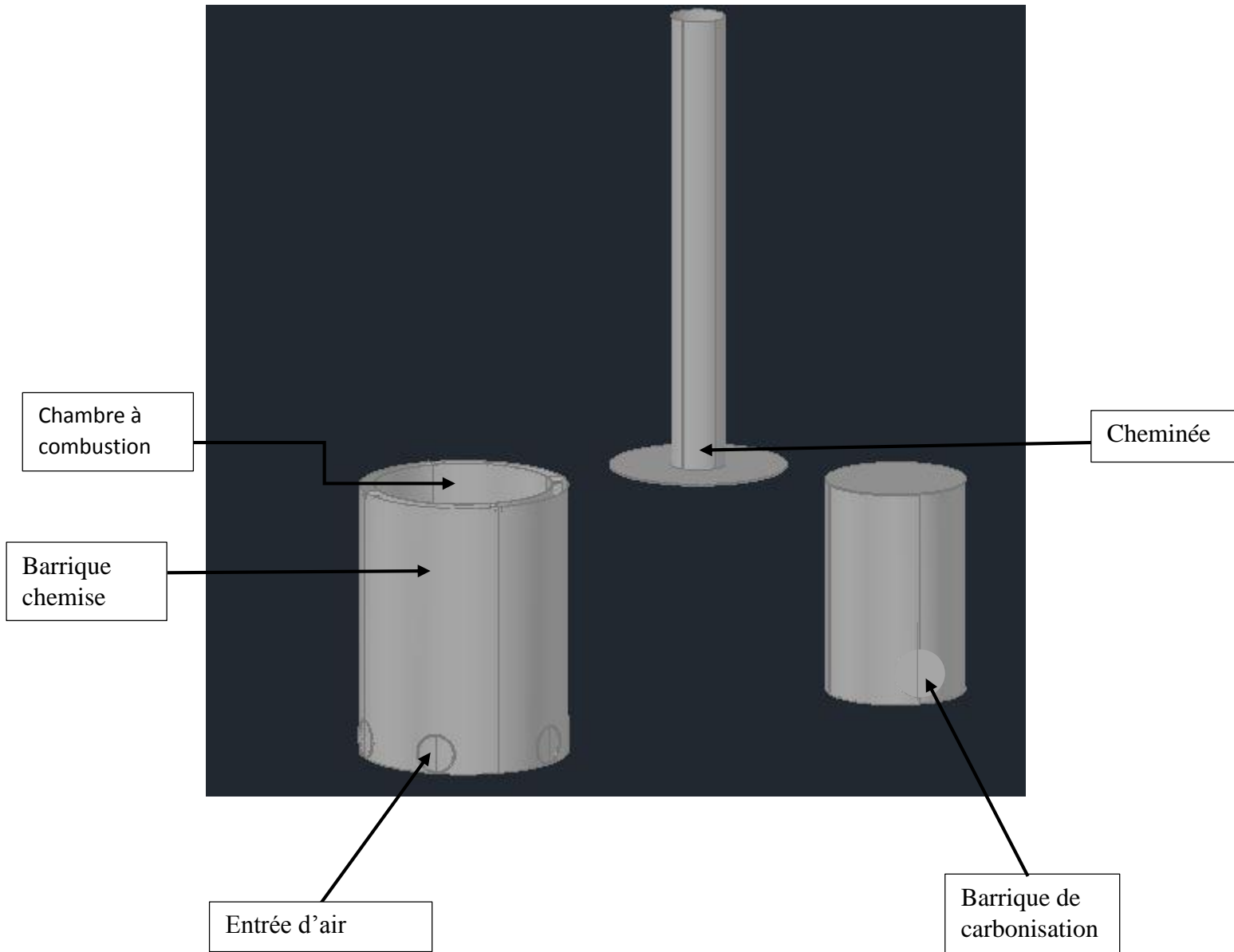


Figure 27: Vue en 3D détaillée du réacteur à charbon

❑ Choix et dimensionnement de la presse

Après quelques expériences de briquetage sur deux types de presse (une électrique et une manuelle) nous avons opté pour une presse manuelle. Ce choix a été fait en tenant compte du rendement des deux presses, de leurs manipulations et du coût de fabrication. C'est donc ces critères qui ont guidés le choix.

Notons que la presse électrique est celle fabriquée par Seepat une association située à Bobo-Dioulasso et la presse manuelle a été conçue par l'Initiative Climat Afrique Francophone.

Cette presse sera fabriquée localement et aura les caractéristiques suivantes :

Tableau 6:Caracteristiques de la presse

Caractéristiques de la presse manuelle	
type de manipulation	manuelle
Taille des briquettes qui en sort	9cm
Diamètre briquette	4,5cm
Nombre de briquettes par opération	20
Nombre de briquettes à l'heure	240

La presse se présentera sous la forme suivante :

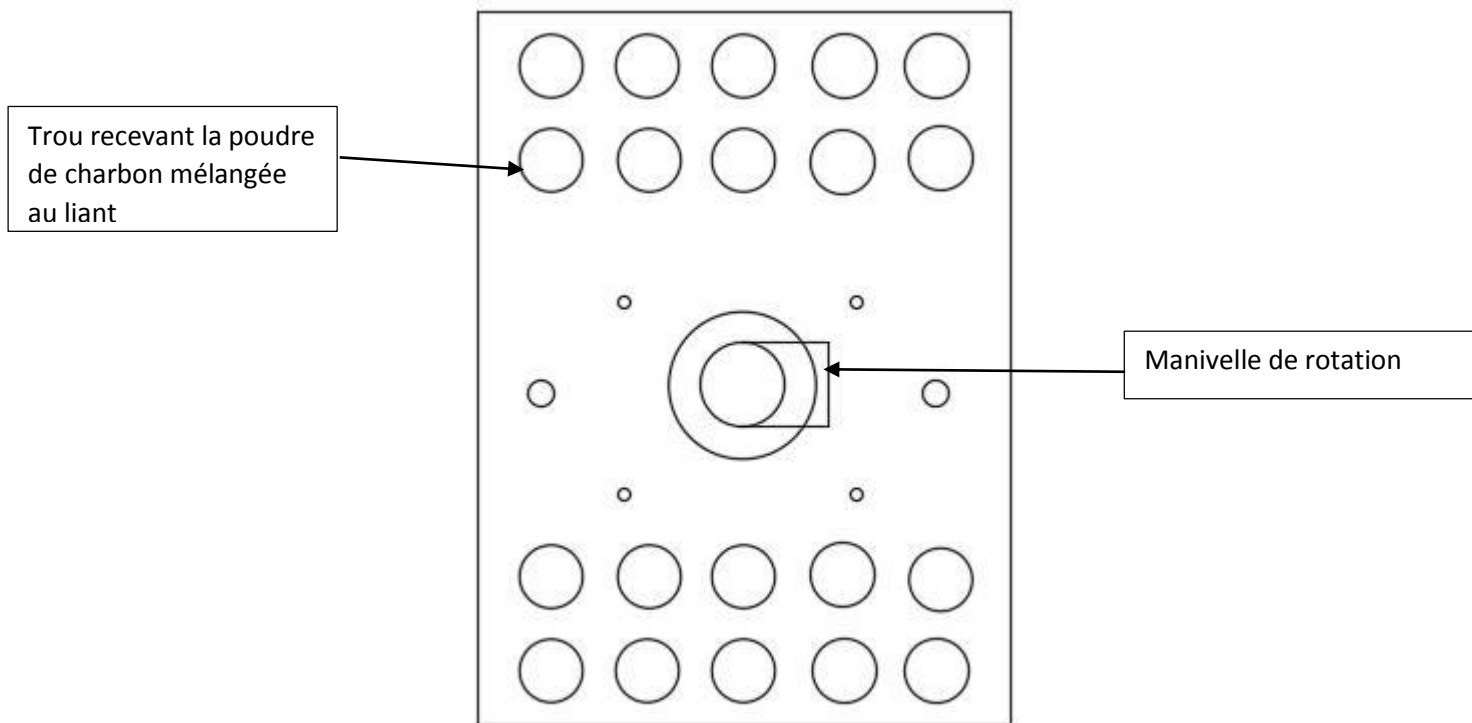


Figure 28: Presse manuelle

L'estimation du coût de cette presse se fera plus bas dans un devis.

Choix et dimensionnement de claie de séchage

La claie sera également fabriquée localement. Le type de claie choisie est celle en grillage. Elle aura une dimension de (1*1,2m). Elle se présentera sous la forme suivante :

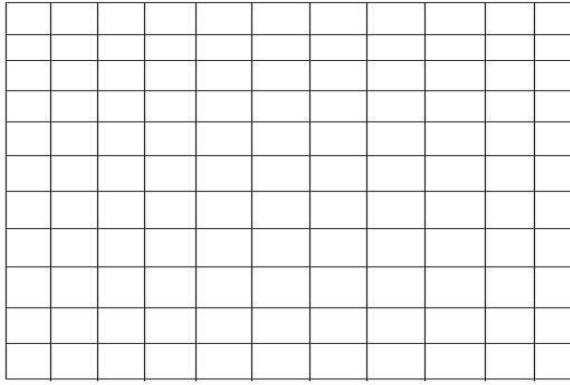


Figure 29:Présentation forme de la Claie de séchage

Cette claie aura une capacité de séchage de 480 briquettes de 9cm chacune.

- ❑ A ces éléments s'ajoutent la balance, les sondes de températures, les seaux, la brouette, la pelle, le tamis, le mortier, le pilon ainsi que tous les équipements de protection. Il s'agit là des matériels à payer directement sur le marché, la photo de chaque élément se retrouvera joint en annexe.

Le schéma de la **figure 30** présente une vue des 04 réacteurs, sur le site :

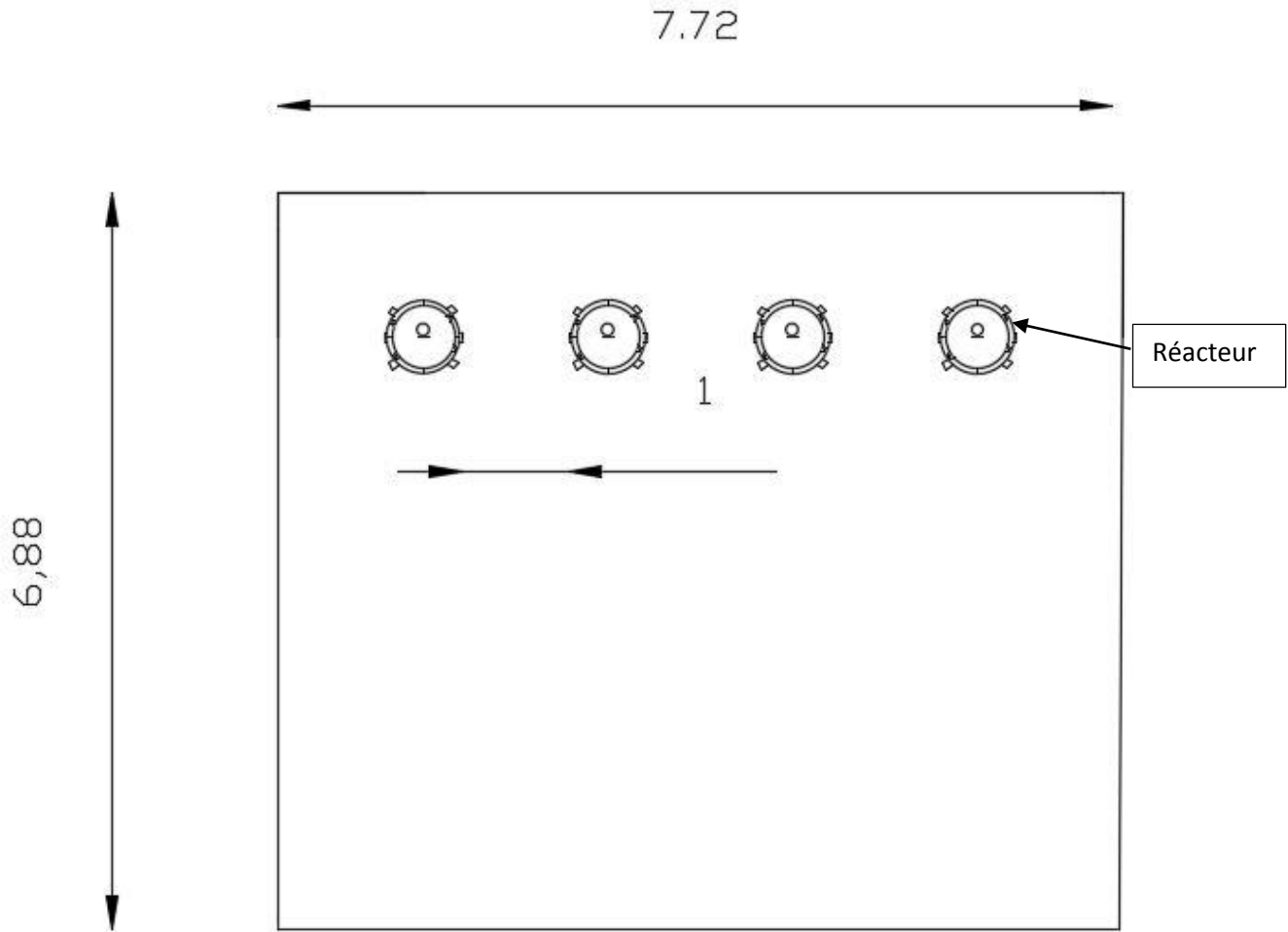


Figure 30: Vue de dessus du site de carbonisation

c. Conclusion partielle

Voici décrit, le canevas devant guider la réalisation de la plateforme biocombustible. A l'issue de cette partie nous avons pu mettre en place le 1^{er} réacteur. La photo sera présente en *annexe 2* avec l'ensemble des détails. Aussi nous avons pris contact avec le maçon et avons établi le devis pour la construction du hangar. La mise en place des autres équipements suit l'étape de la construction du hangar. Le choix s'est porté sur la 1^{ere} concession (bureau de 5,46*2,98m). Cela s'explique par la différence des prix de location 40000Fcfa contre 50000Fcfa pour la deuxième concession mais aussi par le fait que la 1^{ere} concession à un soudeur pouvant aider à faire des modifications rapides sur le réacteur. De même la présence en ressources humaines dans cette usine en exploitation est un point positif pour nous contrairement à la 2^{eme} concession.

Ceci nous amène à penser déjà à l'exploitation de la plateforme et la promotion du charbon de coques d'anacarde.

3.2 Deuxième étape : Exploitation de la plateforme et promotion de la production du charbon de coque d'anacarde par la méthode de carbonisation

Cette solution se présente comme une solution complémentaire à la 1ere solution.

Après la mise en place de la plateforme biocombustible la seconde étape serait de faire la vulgarisation de la production du charbon de coques d'anacarde.

Ceci passera par une technique de carbonisation qui aura lieu dans les réacteurs.

Les expériences de carbonisation réalisées récemment nous ont permis de vérifier, les paramètres de production suivants :

- Rendement moyen charbon : 14,7%
- Rendement global :6,76%
- Durée moyenne de phase carbonisation : 8,2 heures
- Durée de phase refroidissement : 10 heures
- Chargement maximal réacteur barrique : 29 kg
- Obtention de charbon par barrique, par lot : 4,5 kg charbon
- Combustible (coques) pour démarrage : 26,6 kg

Des séances de formation, la rentabilité financière ainsi que le respect des critères d'achat du charbon permettront une meilleure vulgarisation du produit.

Les points faibles et forts caractérisant le charbon de coques d'anacarde ont été déterminés à la suite d'une enquête réalisée par Fúnteni installations et conseil à Bobo-Dioulasso et se présente comme suit :

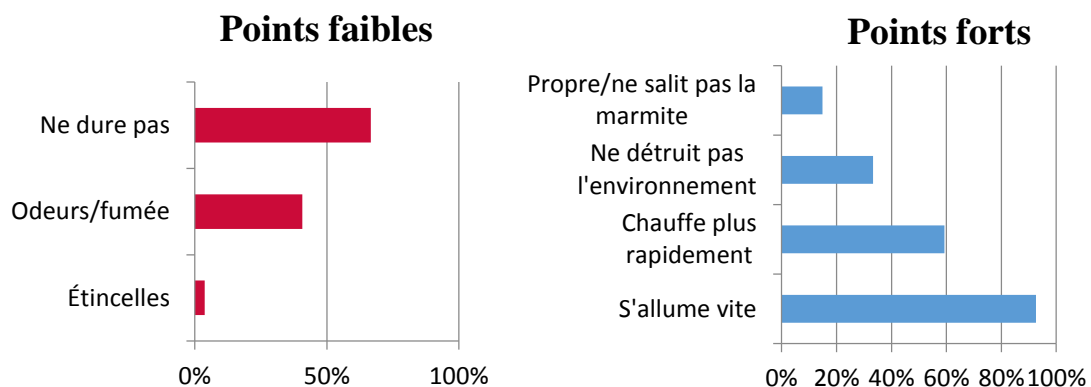


Figure 31: Résultat des enquêtes sur le charbon

4. CONCLUSION PARTIELLE

A l'issue de ce chapitre, l'on dispose de toutes les études d'exécution pour la mise en œuvre du projet. Toutefois, cette mise en œuvre ne peut être effective sans établir une étude économique. En ce sens nous avons réalisé un devis quantitatif et estimatif nous permettant d'évaluer le coût d'exécution. Ce coût s'élève à **deux millions six cent soixante-dix-huit mille quatre cent soixante-dix soit 2 678 470 FCFA.**

Nous présenterons le détail du devis en **annexe 4.**

VI. ETUDE (DE FAISABILITE) ECONOMIQUE ET FINANCIERE – ETUDE DES COUTS

1. INTRODUCTION

Le financement d'un projet n'est encourageant que lorsque ce dernier est capable de générer suffisamment de recettes pour assurer le service de la dette (les emprunts effectués pour le lancement) et le total des coûts d'exploitation des mobilisations, et de produire un rendement raisonnable pour les capitaux investis. La décision de passer au développement de tout projet repose sur la viabilité commerciale de ce dernier ; déterminée par une analyse financière. Cette analyse tient compte des coûts attendus et notamment des exigences en matière d'investissement et de coût d'exploitation ainsi que des recettes. L'objectif de cette étude est d'analyser la faisabilité économique d'un éventuel projet entrepreneurial de production de charbon de coques. Il s'agit de présenter ce modèle à tout client intéressé à investir dans les réacteurs à charbon. Cette section présente donc une projection financière pour justifier la viabilité du projet.

2. HYPOTHESES DE BASE

Avant tout calcul, nous allons d'abord fixer les hypothèses de base de l'étude financière.

La rentabilité du projet sera évaluée sur une durée de 5ans. La production annuelle de charbon est estimée à 25,23 tonnes et le coût du kg estimé à 83 FCFA. L'évaluation financière a pris en compte la fréquence de remplacement du matériel (*tableau 7*), le personnel et les charges mensuelles (*tableaux 8 ;9et 10*).

📊 Fréquence de remplacement du matériel

Le tableau 7 représente la fréquence de remplacement du matériel. Ainsi le réacteur étant toujours en phase d'essai et donc en améliorations pourrait avec une certaine modification de rigueur avoir une durée de vie de 3ans voir 5ans. Les autres équipements cités avec un bon entretien pourront aller au-delà de 5ans.

Tableau 7:Fréquence de remplacement du matériel

Fréquence de remplacement/maintenance de matériel		
Matériel	Durée de vie (Ans)	Remplacement sur 5 ans
Réacteur	3	2
Brouette	5 et plus	1
Pelle	5 et plus	1
Sonde de température	5 et plus	1
Balance	5 et plus	1

Membre personnel et charge mensuel

Le tableau 8 présente les différentes charges mensuelles du personnel ainsi que le loyer.

Tableau 8:Membre personnel et charge mensuel

Charges mensuelles personnel et location		
Membre Personnel	Nombre	Charge mensuelle (FCFA)
Gardien	1	25 000
Ouvriers	1	50 000
Location	1	30 000

Cout de transport matériel

Vue que la matière première, le lieu de production ainsi que le lieu de vente ne sont pas sur une même place il faudra donc penser aux coûts de transport. Le tableau 9 présente ces différents coûts.

Tableau 9: Cout de transport matériel

Cout de transport matériel		
Désignations	Quantité (Tonne)	Prix unitaire (FCFA)
Coques d'anacarde	333,6	500
Charbon de coques	25,23	500

Charges annuelles

Ce tableau décrit les différentes charges annuelles auxquelles pourrait faire le projet.

Tableau 10: Charges annuelles

charges annuelles	
Cache nez	40 unités
Gant	20 paires
Coques d'anacarde	333,6 tonnes

Ainsi nous estimons une production annuelle de 25,23 tonnes pour l'année 1 et nous prévoyons une augmentation annuelle de la production de 5% chaque année.

Pour les autres calculs nous avons définis la TVA à 18%, l'impôt sur le résultat à 27,5% et le taux d'actualisation à 12% (comme le stipule la loi Burkinabé) (legislature, 2017) vu que le projet se situe au Burkina Faso.

Les tableaux détaillés des calculs seront joints en **Annexe 5**.

3. PLAN DE FINANCEMENT INITIAL

Nous allons dans cette partie, définir les charges d'investissement auxquelles un investisseur serait soumis pour le lancement du projet ; ce qui nous permettra de mettre en exergue les besoins en fonds d'investissement dans le but de démarrer le projet.

Charges d'investissement

L'investissement requis pour le démarrage de ses activités est donc de 2 893 120 FCFA. ; le diagramme de *la figure 32* donne le plan des investissements que nous prévoyons :

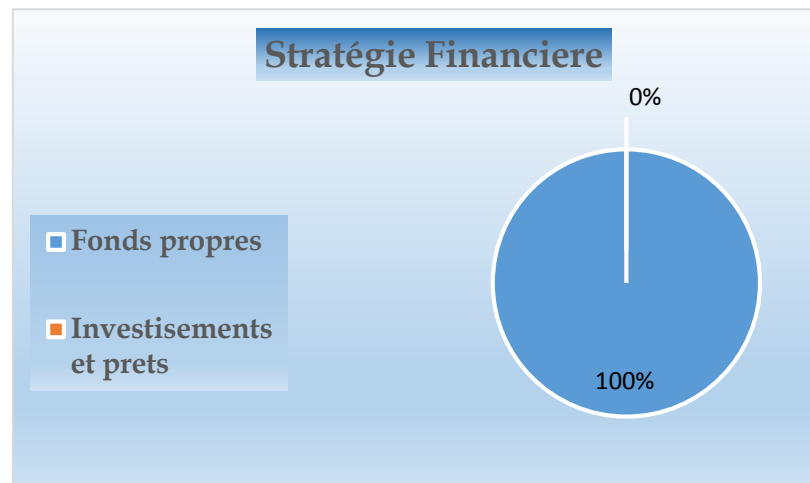


Figure 32: Stratégie Financière

4. COMPTE DE RESULTAT PREVISIONNEL

Un prévisionnel du compte de résultat d'une activité sur une période permet toujours de faire une première prévision de l'évolution des activités à travers ses habitudes. *Le tableau 11* rend compte du prévisionnel sur 5 ans de la production et la vente du charbon à travers divers paramètres comme : la capacité de financement ; le résultat net etc.

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Tableau 11: Compte de résultat prévisionnel sur 5 ans

DESIGNATION	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Chiffre d'affaires	2094090	2198795	2308734	2424171	2545379
Achats de matières premières	22000	23100	24255	25468	26741
Marge brute sur matières	2072090	2175695	2284479	2398703	2518638
Achats de fournitures et de consommables	60000	66000	72600	79860	87846
Impôts et taxes	0	0	0	0	0
Valeur ajoutée	1997090	2093945	2195342	2301479	2412560
Charges de personnel	870000	870000	870000	870000	913500
Excedent brut d'exploitation (EBE)	1127090	1223945	1325342	1431479	1499060
Dotations aux amortissements	434860	434860	434860	434860	434860
Résultat d'exploitation	692230	789085	890482	996619	1064200
Charges financières	0	0	0	0	0
Résultat avant impôt	692230	789085	890482	996619	1064200
Impôts sur le résultat	0	0	244882	274070	292655
Résultat net	692230	789085	645599	722549	771545
Dotations aux amortissements	434860	434860	434860	434860	434860
Capacité de financement	1127090	1223945	1080459	1157409	1206405

Ici l'achat de la matière première ne prend pas en compte l'achat des coques mais plutôt l'achat annuel des gants et cache nez.

La marge brute sur matière est un indicateur clé dans l'analyse du compte de résultat. En effet, il représente la marge obtenue après avoir comptabilisé les achats consommés des fournisseurs de marchandises et de matières premières.

L'excédent brute d'exploitation EBE quant-à elle est la différence entre la valeur ajoutée et les charges du personnel. Il est l'indicateur le plus objectif de la rentabilité d'une entreprise. Le résultat d'exploitation est la différence entre le EBE et la dotation aux amortissements.

La dotation aux amortissements, il est le pourcentage qui appliqué sur la valeur d'origine permet d'obtenir l'amortissement. Le taux d'amortissement s'obtient par : $Taux = \frac{100}{N}$ avec N en année la durée de vie de l'objet.

5. PLAN DE TRESORERIE

Ici nous présenterons un résumé général de la trésorerie à travers un prévisionnel sur une période donnée ; dans notre cas nous allons le faire comme précédemment sur cinq ans (5ans).

Tableau 12 :Plan de trésorerie

DESIGNATION	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Trésorerie initiale	-	2 035 486	3 651 056	5 387 604	7 250 849
Encaissements	5 364 146	2 594 578	2 724 306	2 860 522	3 003 548
Décaissements	3 328 660	979 008	987 758	997 276	1 051 133
Trésorerie finale	2 035 486	3 651 056	5 387 604	7 250 849	9 203 264

On peut donc observer une constante évolution de la trésorerie au fil des ans ce qui suppose donc que l'entreprise disposera de fonds car le total des encaissements est toujours supérieur au total des décaissements.

6. BILAN PREVISIONNEL ET CRITERES D'INVESTISSEMENT

Comme nous l'avons dit précédemment, le financement d'un projet n'est possible que lorsque ce dernier est capable de générer suffisamment de recettes pour assurer le service de la dette et le total des couts d'exploitation des mobilisations, et de produire un rendement raisonnable pour les capitaux investis. Les indicateurs de rentabilité du projet peuvent dans la partie financière, aider à convaincre le public investisseur. Nous allons donc dans cette partie présenter quelques chiffres justifiant la viabilité économique de notre projet.

Indicateurs de rentabilité

Il existe trois indicateurs de rentabilités : La rentabilité globale d'activité, la rentabilité économique (Roi) et la rentabilité nette (ROE)

Le Roi, Il est l'un des ratios de rentabilité qui permet d'évaluer le rendement d'une somme investie. Il Permet de gagner l'attention des financiers. Dans notre cas, dans la première année pour un franc investi nous gagnerons 24% de l'investissement initial. Et ce ratio va croître au cours des années comme on peut le voir sur la **figure 33**. On peut donc dire que le projet est, économiquement parlant.

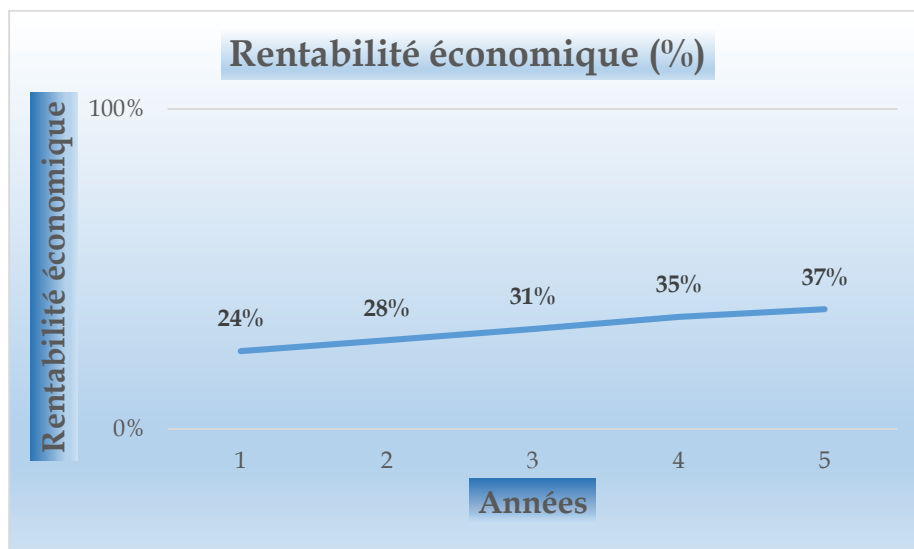


Figure 33: Indicateurs de rentabilité

Cette courbe croissante montre que la rentabilité économique croît avec les années. Elle va de 24% la première année à 37% la 5ème année.

Quant au tableau ci-dessous elle présente les critères d'investissement permettant les privés à investir dans cette nouvelle technologie.

Tableau 13: Tableau des ratios des critères d'investissement

VAN	1 688 761,95
IP	1,58
TRI	2

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

VAN : il est égal à **1 688 761,95** ce qui indique que la valeur actuelle nette de l'entreprise et permet aux investisseurs, la réalisation de leurs objectifs attendus. La valeur actuelle nette est obtenue avec la formule de calcul suivante :

$$VAN = -C + R \text{ année } 1 * (1 + i)^{-1} + R \text{ année } 2 * (1 + i)^{-2} + \dots + R \text{ année } n * (1 + i)^{-n} + V * (1 + i)^{-n}$$

- Avec C = Capital investi,
- i = taux d'actualisation,
- R = Recettes nettes d'exploitation prévues

V = Valeur résiduelle de l'investissement

TRI : il est dans notre cas égale à 2 ce qui veut dire que les fonds investis seront recouverts au bout de 2 ans. Ce qui est bon pour la confiance de l'entreprise.

Seuil de rentabilité

Le seuil de rentabilité : il correspond au niveau d'activité minimum à partir duquel l'activité d'une entreprise devient rentable.

Le taux de rentabilité se calcule par la formule suivante :

$$\text{Seuil de rentabilité} = \frac{\text{Charges fixes}}{\text{Taux de marges sur coût variables}}$$

$$\text{Avec : Taux de marges sur coût variable} = \frac{(\text{chiffres d'affaire} - \text{charges variables})}{\text{chiffre d'affaire}}$$

Le diagramme suivant présente en effet le seuil de rentabilité :

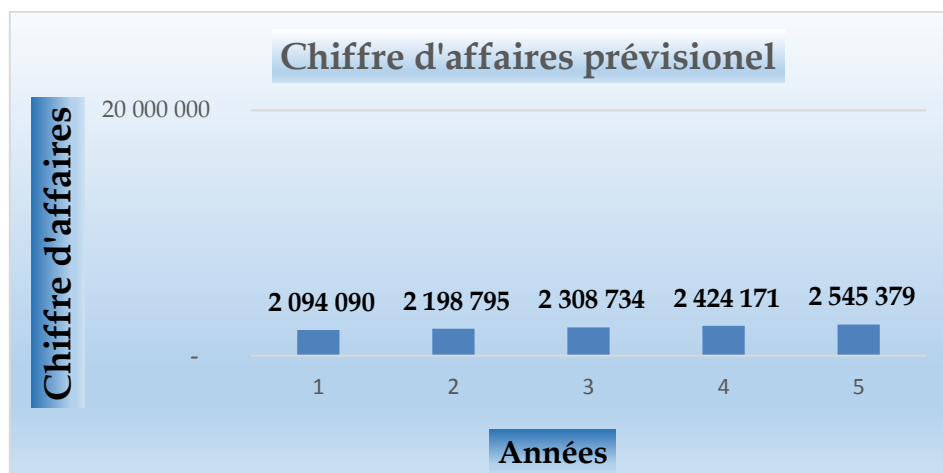


Figure 34: Diagramme chiffre d'affaire prévisionnel

Le seuil de rentabilité en première année est donc de **2 094 090** FCFA.

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Les calculs ci-dessus correspondent au cas où les coques sont gratuites comme elles le sont d'ailleurs aujourd'hui. Pour une étude plus poussée nous allons considérer le cas où ces coques deviendront payantes.

Ainsi nous aurons :

✚ Charges d'investissement

Dans ce 2eme cas précis l'investissement s'élève à 2 962 620 FCFA.

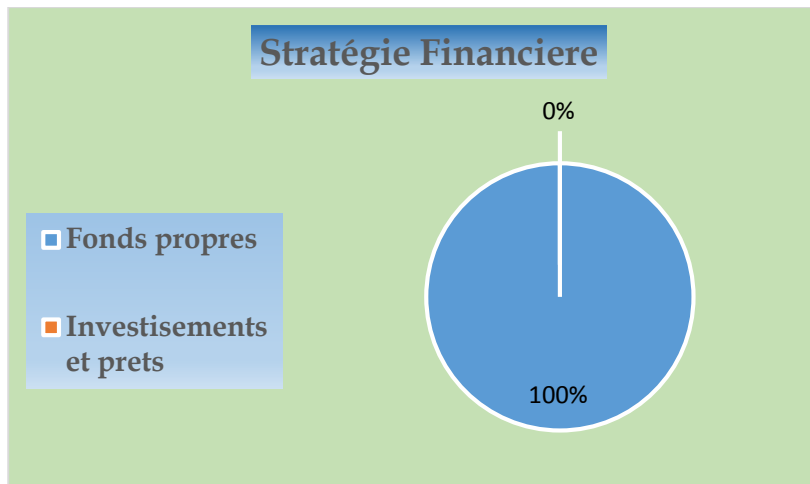


Figure 35: Stratégie Financière cas 2

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Tableau 14: Compte de résultat prévisionnel sur 5 ans cas 2

DESIGNATION	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Chiffre d'affaires	2 094 090	2 198 795	2 308 734	2 424 171	2 545 379
Achats de matières premières	188 800	198 240	208 152	218 560	229 488
Marge brute sur matières	1 905 290	2 000 555	2 100 582	2 205 611	2 315 892
Achats de fourn. non stockables et de consommabl	60 000	66 000	72 600	79 860	87 846
Impôts et taxes	-	-	-	-	-
Valeur ajoutée	1 830 290	1 918 805	2 011 445	2 108 387	2 209 813
Charges de personnel	870 000	870 000	870 000	870 000	913 500
Excedent brut d'exploitation (EBE)	960 290	1 048 805	1 141 445	1 238 387	1 296 313
Dotation aux amortissemnts	434 860	434 860	434 860	434 860	434 860
Résultat d'exploitation	525 430	613 945	706 585	803 527	861 453
Charges financières	-	-	-	-	-
Résultat avant impôt	525 430	613 945	706 585	803 527	861 453
Impôts sur le résultat	-	-	194 311	220 970	236 900
Résultat net	525 430	613 945	512 274	582 557	624 554
Dotation aux amortissemnts	434 860	434 860	434 860	434 860	434 860
Capacité de financement	960 290	1 048 805	947 134	1 017 417	1 059 414

Le tableau prévisionnel sur 5ans nous montre toujours nous montre qu'il y'a toujours des gains malgré l'augmentation du prix de la matière première.

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

✚ Plan de trésorerie

Tableau 15: Plan de trésorerie cas 2

DESIGNATION	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Trésorerie initiale	-	1 908 162	3 317 067	4 836 616	6 472 013
Encaissements	5 433 646	2 594 578	2 724 306	2 860 522	3 003 548
Décaissements	3 525 484	1 185 673	1 204 757	1 225 125	1 290 374
Trésorerie finale	1 908 162	3 317 067	4 836 616	6 472 013	8 185 187

On peut donc toujours observer une constante évolution de la trésorerie au fil des ans.

✚ Bilan prévisionnel et critères d'investissement

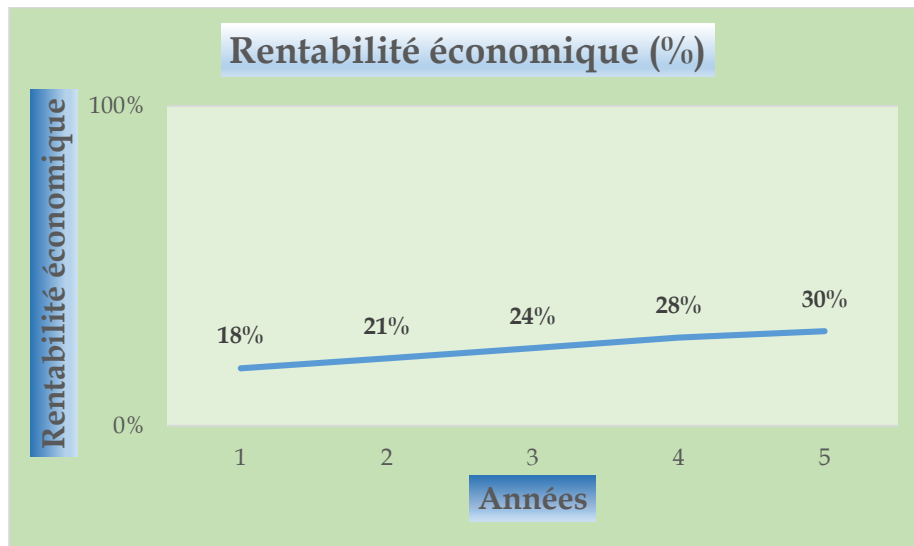


Figure 36: Bilan prévisionnel et critères d'investissement cas 2

Nous remarquons ici également que la courbe est croissante par contre la variation de la rentabilité est inférieure par rapport au premier cas.

Tableau 16: Tableau des ratios des critères d'investissement cas 2

VAN	898 970,34
IP	1,3
TRI	2

VAN: il est égal à **898 970,34** ce qui indique que la valeur actuelle nette de l'entreprise et permet aux investisseurs, la réalisation de leurs objectifs attendus.

TRI: il est dans notre cas égale à 2ans ce qui veut dire que les fonds investis seront recouverts au bout de 2 ans.

Le diagramme suivant présente en effet le seuil de rentabilité :

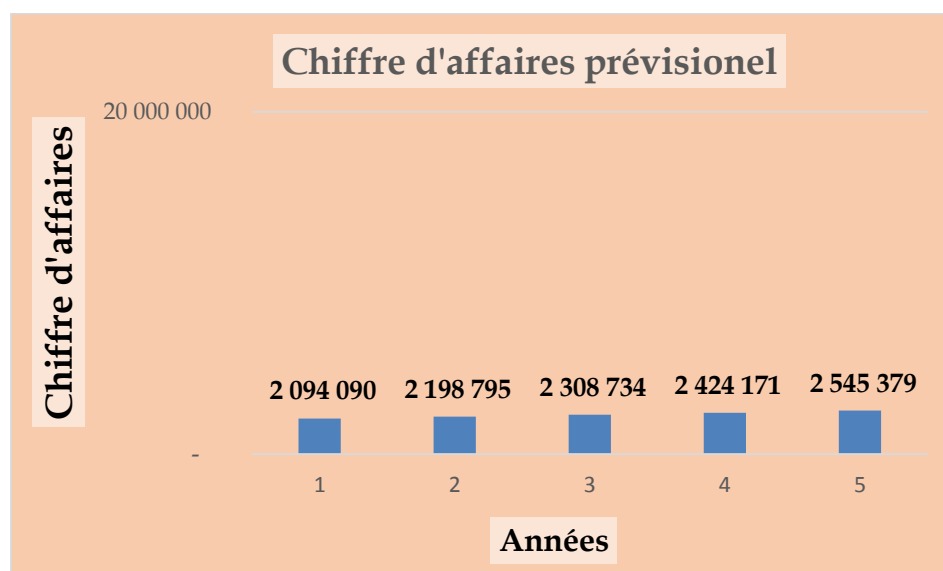


Figure 37: Diagramme du seuil de rentabilité cas 2

Le seuil de rentabilité en première année est donc de **2 094 090** FCFA.

Remarque :

Nous remarquons que même si les coques revenaient un jour à être payantes le projet sera toujours rentable Néanmoins si cela arrive il faudra peut-être penser à d'autre alternative ou valeur ajouter afin de booster la technologie et le business du charbon de coque d'anacarde plus haut.

7. CONCLUSION PARTIELLE

Après avoir menée cette étude économique, nous constatons qu'il s'agit là d'un projet rentable et viable, cela peut donc être un milieu à explorer.

VII. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL / PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL) /SECURITE

1. INTRODUCTION

Réaliser une étude d'impact environnemental et social (EIES) pour un projet, revient à élaborer un dossier qui met en lumière les conséquences environnementales et ou les dangers d'un projet pour limiter, atténuer et/ou compenser les impacts négatifs qui en découlent. Tout projet de développement nécessite une étude d'impact environnemental (COMPAORE, 1997). L'objectif premier d'une EIES est de fournir aux décideurs, un rapport préalable présentant les implications à chaque niveau, des diverses modalités des différentes activités projetées afin de leur permettre d'en tenir compte et de procéder à une modification éventuelle de la conception finale. Ainsi dans un premier temps, nous précisons la catégorie du projet, puis nous ferons une analyse de l'état initial du projet. Par la fin, nous allons identifier les différents impacts.

2. RAPPEL DU CADRE LEGISLATIF REGISSANT LE PROJET (NOTICE D'IMPACT OU ETUDE D'IMPACT)

a. Catégorie du projet

Un projet possède toujours un impact sur son environnement. Cet impact est plus ou moins fort selon la spécificité du projet. C'est pourquoi, il a été décidé de classer les projets en trois catégories distinctes (Décret N°2001-342/PRES/PM/MEE portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement).

Notre projet de mise en place d'une plateforme biocombustible ainsi que le développement de la production du charbon possèdent des impacts négatifs plus ou moins importants sur l'environnement. Par conséquent, il est possible de classer ce projet dans la catégorie B. La catégorie B concerne les projets ayant des impacts négatifs sur l'environnement. Ils sont assujettis à la réalisation d'une notice d'impact sur l'environnement ((Décret N°2001-342/PRES/PM/MEE portant champ d'application, 2001). Il sera donc nécessaire dans notre cas de réaliser une notice d'impact environnemental.

Liste des Travaux, Ouvrages, Aménagements, Activités et Documents de planification assujettis à une Etude et ou Notice d'impact sur l'environnement ((Décret N°2001-342/PRES/PM/MEE portant champ d'application, 2001)

Tableau 17: Tableau classificatif des catégories de secteur d'activités ((Décret N°2001-342/PRES/PM/MEE portant champ d'application, 2001)

Secteur d'activités	Catégorie A	Catégorie B	Catégorie C
8- INDUSTRIE	- EDI- classe 1 et 2 Travaux d'extension - Usine à papier, à carton, tannerie, cimenterie, brasserie - Fabrique de produits chimiques	- EDI - classe 3 .travaux d'extension ; - textile .Travaux d'installation et de modernisation - tannerie artisanale traitement bronze	Catégorie C - travaux d'entretien et de grosses réparations
9 - ENERGIE	- Transport et distribution d'énergie : tension > 225 kv ; - Centrales thermiques : puissance > 500 kw ; - centrales nucléaires ; - aménagement et stockage de gaz, d'hydrocarbures.	- Transport et distribution d'énergie : tension <225 kv - installations de production d'énergies renouvelables - travaux d'installation et de modernisation	- travaux d'entretien et de grosses réparations

b. Cadre législatif régissant le projet

Le projet se déroule au Burkina Faso à Bobo-Dioulasso, il est donc assujetti aux lois, normes, décret et réglementation qui s'exerce dans ce pays.

En termes de choses importantes à considérer, il est indispensable de citer :

- ✚ Conventions internationales et régionales en environnement
- ✚ Le code de l'environnement
- ✚ Code du secteur de l'énergie

Le projet que nous devons réaliser est essentiellement en rapport avec le domaine énergétique. Nous devons donc prendre connaissance des réglementations du secteur.

Ainsi la méthodologie que nous avons adoptée est conforme à la réglementation des lois Burkinabés.

3. RAPPEL DES COMPOSANTES ET PHASES DU PROJET

Le projet comprend plusieurs volets qui sont tous rattachés au secteur d'activités de l'énergie.

- ✚ Mise en place de la plateforme Biocombustible
- ✚ Tests expérimentaux sur la carbonisation
- ✚ Tests de fabrication de briquette de charbon
- ✚ Développement et vulgarisation de la technologie de fabrication de charbon

4. IDENTIFICATION ET EVALUATION DES IMPACTS

a. Méthodologie employée

Les impacts générés par le projet sur l'environnement seront pris en compte à travers deux grandes étapes. La première concerne l'identification et l'analyse des impacts environnementaux. La deuxième traite de l'évaluation de l'importance des impacts environnementaux identifiés. L'identification et l'analyse des impacts environnementaux porteront sur les paramètres ci-dessous :

- ✚ Les phases du projet considérés ;
- ✚ Les composantes du milieu récepteur ;
- ✚ Les sources d'impact ;
- ✚ La nature de l'impact.

Ici les phases du projet que nous allons considérer sont : la mise en place de la plateforme biocombustible et son exploitation, ainsi que l'exploitation d'un projet type de fabrication de charbon ; Les composantes du milieu récepteur analysées au cours de l'étude sont les composantes physiques et socio-économiques de l'environnement. Les sources d'impacts comprennent toutes les activités susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect sur une ou plusieurs composantes du milieu récepteur. La nature de l'impact représente l'effet de l'impact sur la composante du milieu.

b. Présentation des impacts

L'identification des sources d'impact consistera ici, à déterminer les activités du projet susceptibles d'entraîner des modifications du milieu physique ou des impacts sur les composantes du milieu naturel et humain.

✚ Impacts positifs du projet

➤ **Impacts positifs dans la phase de mise en place de la plateforme biocombustible**

Ces impacts concernent en leur majorité la composante humaine ; il s'agit en autres :

✓ **Des opportunités d'affaires pour les différents prestataires**

Un tel projet de conception suppose des investissements et donc une opportunité pour les structures œuvrant dans le domaine. Les investissements évoqués ici prennent en compte les achats de matériaux de conception et des équipements à installer ainsi que les opérations d'aménagement du site, de construction et d'installation des équipements. Ainsi, le démarrage du projet demeure une opportunité d'affaires pour les artisans locaux. Environ 3 artisans locaux au moins acquerront des marchés pour chaque activité de production de charbon de coques.

✓ **Les opportunités d'emploi, directes comme indirectes**

Les travaux d'aménagement du site nécessiteront un besoin en personnel. C'est une opportunité d'emploi pour les jeunes de la zone en particulier. Ce projet permettra donc la création d'emplois directs et indirects. Il s'agit entre autres des emplois de technicité, construction, nettoyage, gardiennage, etc... Ainsi pour le démarrage d'une activité et sa bonne continuité au moins 5 jeunes se verront impliqués. Ce chiffre sera multiplié par le nombre d'activité qui sera mise en place.

➤ **Les impacts en phase d'exploitation**

À cette phase du projet, les impacts sont d'ordre humain et environnemental. Il s'agit de :

✓ **Les opportunités d'apprentissage et de formation**

Ce projet permettra suite à des formations pratiques et théoriques aux jeunes d'apprendre des nouvelles techniques de production de charbon vert et même les amener à en trouver une source de revenu. Aussi c'est un moyen de diversification du tissu économique et de création d'emplois verts.

✓ **Lutte contre la coupe abusive des arbres et valorisation de déchets organiques**

Au cours de son exploitation ce projet permettra une diminution de la coupe abusive du bois utilisés dans la production du charbon ; ainsi donc, il contribuera à la lutte dans beaucoup de zones contre la désertification. En effet, environ 735984 tonnes de bois ont été coupés en 2016 en milieu urbaine ce projet permettra alors une réduction de cette quantité. Notons aussi que

par la valorisation des déchets organiques il y'aura une diminution du volume de déchets estimés à environ 52000 tonnes en 2018.

✚ Impacts négatifs du projet

Pour les impacts négatifs nous allons les identifier de façon sommaire (grâce à la matrice descriptive. Soit donc le tableau suivant (Matrice descriptive) permettant de les identifier de façon globale :

Tableau 18:Matrice descriptive

Élément Potentiellement affecté													
Sources des impacts	Environnement Atmosphérique				Environnement Aquatique		Environnement Terrestre				Utilisation des ressources		
	Poussière	Bruit	Vibration	Fumée	Qualité de l'eau	Faune aquatique	Géologie ; Sols	Végétation	Faune	Hommes	Aquatique	Territorial	Patrimoniales
	Conception des équipements		✗	✗					✗		✗		
Aménagement du site	✗	✗	✗				✗			✗			
Exploitation de la plateforme biocombustible	✗	✗		✗			✗	✗		✗			
Production de charbon par une personne X	✗	✗		✗			✗	✗		✗			

Les Impacts étant cités de façon globale nous allons approfondir ces derniers sur chaque phase du projet et ce en incluant les composantes touchées.

Le Bruit

La conception des équipements, l'aménagement du site et l'exploitation de la plateforme biocombustible sont des activités très bruyantes, du fait du choc entre les matériels de travail d'une part et le choc entre le sol et les équipements d'autre part. Les machines de conception sont elles-mêmes aussi très bruyantes.

Poussières

Au cours des travaux d'aménagement du site, de l'exploitation de la plateforme ainsi que la production du charbon, des émissions de poussières de natures diverses dans l'atmosphère pourraient survenir. L'émission de poussières sera la principale source de la pollution atmosphérique.

Vibrations

Les principales vibrations émises lors de la conception et de l'aménagement sont dues aux matériels de soudures etc. Des valeurs de vibrations de plus de 0,1 mm/s, entraînent une gêne au niveau de l'homme, et cette gêne peut être plus importante quand la source de vibration est permanente.

Émissions de gaz et pollutions de l'air(fumée)

Pour ce type d'activité, les émissions que l'on pourrait rencontrer sont essentiellement les produits de combustions et de carbonisation comme le CO ; le CO₂ et les oxydes d'azote et de soufre provenant de la cheminée. Ces émissions sont sources de pollution atmosphérique.

Impacts sur le sol

Le CNSL issu de la réaction de carbonisation se retrouve au sol polluant ainsi la surface du sol ou peuvent s'infiltrer dans les couches superficielles du sol. En outre, les travaux effectués à sol pendant la phase de construction serait à l'origine de la modification de la structure et de la texture du sol

Impacts sur les hommes

Les hommes sont l'un des êtres les plus exposés par ces différentes phases. Comme dans tout chantier, des risques de blessures pourraient survenir et, dans certaines conditions, des maladies respiratoires, des écrasements, des chocs, des gestes répétitifs, des mauvaises postures, etc.

5. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Après description des potentiels impacts que pourrait avoir le projet nous proposons le PGES suivant :

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Tableau 19: Tableau de plan de gestion environnemental et social

Phase du projet	Activité/Sources d'impact	Composante du milieu affectée	Nature de l'impact potentiel	Mesure d'atténuation	Responsable d'exécution ou de la surveillance	Indicateur de suivi
Conception des équipements	Fabrication des équipements	Humain	Risque de potentiel d'accident de travail et donc de blessure	Donner des équipements de protection et des conseils de prudence	Maitre d'ouvrage	Nombre de blessure; Pourcentage du personnel portant d'équipements de personnels de sécurité
	Aménagement du site et installation des équipements	Humain	Bourdonnement et mal d'oreille	Minimiser les bruits et ports des bouchons à oreille	Maitre d'ouvrage	Nombre de cas de mal d'oreille enregistrés
Exploitation et fonctionnement	Travaux de carbonisation	Humain	Risques de maladies respiratoires	Équiper le technicien De cache nez pour protection	Maitre d'ouvrage	Disponibilité des caches nez
		Air	Pollution atmosphérique	Plantation des arbres, optimiser le taux de fumée dégagée	Maitre d'ouvrage	Taux de CO ₂ rejetés dans l'atmosphère par les réacteurs
		Sol	Risques de dégradation du sol	Améliorer la technique de carbonisation	Maitre d'ouvrage	Taux de CNSL sur le lieu de carbonisation

6. CONCLUSION PARTIELLE

Cette réflexion nous a permis de mettre en évidence les différents processus qui entrent dans l'élaboration d'une notice d'impact environnemental et social en vue de l'obtention d'une autorisation de mise en place d'un projet de production de bio charbon auprès du Ministère de l'environnement. Il nous aura également permis de comprendre les différents acteurs de l'environnement.

VIII. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude avait pour objectifs de contribuer au développement et à l'application des technologies de valorisation énergétique par la méthode de carbonisation avec appui à la formation de la filière de fabrication de charbon de coques d'anacarde et ceci par la mise en place d'une plateforme biocombustible d'expérimentation.

Les tests réalisés nous ont permis de déterminer le rendement du réacteur conçu. La particularité de ce réacteur est qu'il est fabriqué par des artisans avec des équipements locaux, aussi il est fait à un prix abordable et est accessible à tous, il peut être exploitable par une seule personne sur une surface assez réduite. Et mieux avec deux utilisations possibles par jours on arrive à atteindre une production de 14,7kg de charbon soit 7,35kg de charbon par opération de carbonisation pour 50kg de matière de matière première.

Ces tests nous ont également permis de :

- Confirmer de l'importance de la température de carbonisation, de l'humidité, de la vitesse du vent sur le rendement de carbonisation,
- Dégager les caractéristiques d'une bonne carbonisation et d'une mauvaise carbonisation.

Les résultats du test de TEE confirment que le charbon de coque devrait se vendre à un prix inférieur de celui du charbon de bois. Au-delà des limites qu'il présente, le charbon de coques présente un intérêt du fait de son avantage environnemental.

Ce projet à long terme permettra sans nul doute de lutter contre la coupe abusive de bois de charbon, de débarrasser l'environnement des déchets agricole mais aussi de lutter contre la pollution atmosphérique.

En outre en vue d'apporter des améliorations nous recommandons de :

- Récupérer le CNSL à des fins plus optimal c'est-à-dire le faire recirculer dans le processus afin d'améliorer le rendement et consommer moins de coques comme combustible.

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

- ❑ Récupération des liquides condensables des fumées afin de diminuer voir arrêter la circulation de la fumée dans l'atmosphère. Ce liquide condensable pouvant toujours servir à traiter les champignons dans les cultures maraichères. Cette alternative est déjà en train d'être réfléchi et sera très bientôt exploitable. La figure présente à **l'annexe 6** présente l'illustration de la technique de récupération des liquides condensables.
- ❑ Réaliser beaucoup plus d'expérimentation afin de mieux comprendre le processus de carbonisation par rapport aux paramètres d'étude.
- ❑ Expérimenter avec d'autres réacteurs, avec l'objectif d'augmenter les rendements et la capacité de production.

Références Bibliographiques

(Décret N°2001-342/PRES/PM/MEE portant champ d'application, c. e. (2001). *procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement*.

ADEME. (2001). *Pyrolyse et gazeification de la biomasse pour la production d'électricité*.

AHAI, D. (2017). *PROJET D'APPUI AU DEVELOPPEMENT DE L'ANACARDE DANS LE BASSIN DE LA COMOE POUR LA REDD+*.

Amadou, T. (2013). *Amélioration des qualités combustibles des coques d'anacardes par l'utilisation d'un additif métallique complexant les molécules du CNSL, Ouagadougou : master génie énergétique/Institut International d'Ingénierie*. Ouagadougou.

Artigas, S. J. (2017). *Rapport étude de marché pour les briquettes carbonisées de l'anacarde au Burkina Faso*.

CEREEC. (2015). *Politique d'Efficacité Énergétique de la Cedeao*.

COMPAORE, B. (1997). *LOI N°005/97/ADP du 30 janvier 1997 PORTANT CODE DE L'ENVIRONNEMENT AU BURKINA FASO*.

DIOMANDE, D. A. (2017). *Construction et mise en service d'un carbonisateur de coques d'anacarde*.

DISSA, A. O. (2017). *Annuaire statistique 2016 du Ministère de l'Énergie*.

Eric, Z. B. (2017). *5. Étude de la carbonisation et du briquetage des tourteaux des coques d'anacarde : influence de la température et du taux de liant à base d'amidon*.

ETTIEN, A. (2010). *PRE-ETUDE DE VALORISATION ÉNERGETIQUE*.

FAO. (2019). *Utilisation rationnelle du charbon de bois*.

IA-B, U.-B. A.-B. (2017). *OPPORTUNITÉS D'INVESTISSEMENT DANS LE SECTEUR AGRICOLE AU BURKINA FASO: Cas de la filière anacarde*.

KIMA, O. (2014, janvier 6). *lefaso.net*. Récupéré sur Mediaterrre.org - Source:
<https://www.mediaterrre.org/actu,20140121102859,5.html>:
https://www.mediaterrre.org/genpdf/Mediaterrre_depeche.pdf

M. Sawadogo, S. T, S.Sidibé, N.Kpai, N.Tankoano (2018). *Cleaner production in Burkina Faso : case study of fuel briquettes made from cashew industry waste. Journal of cleaner production*.

OXFAM. (2017). *Le Défi énergétique en Afrique subsaharienne: guide à l'intention des défenseurs et des responsables de politique*.

PCIA, U. E. (2014). *Émissions et efficacité des foyers*.

Picbleu. (2019, 01 13). *Bois de chauffage : pouvoir calorifique PCI PCS, séchage, stockage*. Récupéré sur <https://www.picbleu.fr/page/bois-de-chauffage-pouvoir-calorifique-pci-pcs-sechage-stockage>

REPUBLIQUE, I. (2017). *LOI N°058-2017/AN PORTANT CODE GÉNÉRAL DES IMPÔTS DU BURKINA FASO*.

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Review of world cashew market from 2016 to 2018. (s.d.). *customs statistics + n'kalô estimates.*

Listes des Annexes

Annexe 1:Résultat des tests de carbonisation	68
Annexe 2:Réacteur à charbon	69
Annexe 3:Tableau des calculs énergétiques TEE 1 et 2.....	70
Annexe 4:Devis Estimatifs et quantitatifs pour la mise en place de la plateforme	71
Annexe 5:Etude financière	73
Annexe 6:Illustration de l'équipement de recueil des liquides condensables	82

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Annexe 1: Résultat des tests de carbonisation

Numéro de test	Date	Nature de la Barrique interne	M1 (kg)	M2 (kg)	M3 (kg)	Vitesse du vent sur une échelle de 1-5	condition du temps	Observations générale	Temps de carbonisation (h)	Quantité de charbon obtenue (kg)	Rendement globale(%)	Rendement de charbon (%)	Apport de changement par rapport au précédent
1	03/04/2019	diametre 0,45m	34,2	30,4	0	2	Ensoleillé	trop de fumée Marron-Jaunatre consequence de l'humidité des coques	12	7	10,84	20,47	Non
2	04/04/2019	diametre 0,40m	26,6	26,6	0,48	2	Ensoleillé	Trop de fumée pendant 1h43, fumée Blanchatre coques non humides	8,5	3	5,64	11,28	oui(la barrique de 0,45m de diametre a été changée par celle de 0,40m)
3	05/04/2019	diametre 0,40m	29	26,6	0,48	4	nuagé	Fumée marron presence d'humidité dans les coques	10,2	3	5,40	10,34	non
4	09/04/2019	diametre 0,40m	26,6	26,6	0,48	1	Ensoleillé	Fumée Blanchatre absence d'humidité dans les coques	7,2	4,2	7,89	15,79	oui(la hauteur de la cheminée a été augmentée de 1m soit de 1,5m à 2,5m et ajout de 5 entrées d'air en haut de la
5	09/05/2019	diametre 0,40m	26,6	33,8	0,25	1,5	Ensoleillé	Fumée Blanchatre absence d'humidité dans les coques	6,8	3	4,97	11,28	Non
6	10/05/2019	diametre 0,45m	35	26	0,2	2	Ensoleillé	Presence de fumée blanchatre, coques non humides	7	6	9,84	17,14	oui(la barrique de 0,45m de diametre a été changée par celle de 0,40m)
7	11/05/2019	diametre 0,45m	35	26	0,2	2	Ensoleillé	Presence de fumée blanchatre, coques non humides	7,2	5,8	9,51	16,57	Non
8	13/05/2019	diametre 0,58m	61	0	0,2	2	Ensoleillé	Presence de fumée Noîratre	7	0	0,00	0,00	Oui(nous avons mis le feu directement dans la matière à carboniser et cela dans la grande barrique

Annexe 2: Réacteur à charbon



Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Annexe 3: Tableau des calculs énergétiques TEE 1 et 2

Test 1			
Type de combustible	Charbon de coques d'anacarde	Charbon de bois	Unités
masse combustible initial	0,6	0,6	kg
masse combustible consommé	0,47	0,25	kg
Type marmite	Casserole aluminium		
masse marmite	0,3	0,3	kg
masse d' eau initial	2	2	kg
masse d' eau évaporée	0,08	0,14	kg
Durée de l'opération	52	31	min
Température d'ébullition	97,2	96,7	°C
Température initiale	32,8	32,2	°C
Capacité calorifique de l'eau	4,18		kJ/kg/K
Chaleur latente évaporation de l'eau	2257		kJ/kg
PCI	28200	29000	kJ/kg
Rendement thermique	5,42	11,79	%
Consommation spécifique	0,235	0,125	kg/l
Consommation horaire	9,03	8,06	g/min

Test 2			
Type de combustible	Charbon de coques d'anacarde	Charbon de bois	Unités
Poids combustible initial	0,47	0,25	kg
masse combustible consommée	0,45	0,23	kg
Type marmite	Casserole aluminium		
masse marmite	0,3	0,3	kg
masse d' eau initial	2	2	kg
masse d' eau évaporée	0,38	0,66	kg
Durée de l'opération	64	39	min
Température d'ébullition	96	96,4	°C
Température initiale	31,8	30,4	°C
Capacité calorifique de l'eau	4,18		kJ/kg/K
Chaleur latente	2257		kJ/kg
PCI	28200	29000	kJ/kg
Rendement thermique	10,98	30,6	%
Consommation spécifique	0,225	0,115	kg/l
Consommation horaire	7,03	5,89	g/min

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Annexe 4: Devis Estimatifs et quantitatifs pour la mise en place de la plateforme

Devis ESTIMATIFS POUR LA CONSTRUCTION D'UN HANGAR				
Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire(FCFA)	Prix total (FCFA)
Tube rond lourd	U	6	9500	57000
IPN de 100(1barre 1/2)	ml	18	6665	119970
Tube rectangulaire	ml	57	2000	114000
Tôle bac 35/100	ml	68	2450	166600
Crochet complet	unités	350	175	61250
main d'œuvre	U	1	225000	225000
Ciment	U	1	5000	5000
Cailloux sauvages	U	1	40000	40000
TOTAL 1				748820

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Autres équipements					
N°	Designation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total en Fcfa
1	Presse manuelle	U	1	400 000	400 000
2	Balance	U	1	117 500	117 500
3	Sonde	U	1	0	0
4	Seau	U	2	1250	2 500
5	Tamis	U	1	1000	1 000
6	Table	U	1	10000	10 000
7	Chaise	U	2	6000	12 000
8	Reacteurs	U	4	200000	800 000
9	Four à pyrolyse transport et entretien	U	1	50000	50 000
10	Pelle	U	1	2000	2 000
11	Brouette	U	1	16000	16 000
12	Bassine	U	1	3250	3 250
13	Mortier	U	1	6000	6 000
14	Pilon	U	1	4000	4 000
15	Claies	U	1	10000	10 000
16	Cache nez	U	40	50	2 000
17	Gants	U	20	1000	20 000
TOTAL 2					1 456 250

Autres achats pour une manipulation de 6mois					
N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total FCFA
1	Loyer	U	6	40000	240000
2	courant	U	6	5000	30000
3	eau	U	6	10000	60000
4	amidon de manioc et	kg	60	1000	60000
5	Transport matiere	tonne	166,8	500	83400
Total 3					473400

Total	2 678 470
--------------	------------------

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

Annexe 5: Etude financière

• Charges d'exploitation

ACHATS	Quantité	P. U. FCFA	AN1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Gant	20	1000	20000	21000	22050	23153	24310
Cache Nez	40	50	2000	2100	2205	2315	2431
Coques d'anacarde	333,6	0	0	0	0	0	0
Achats stockés de matières et fournitures consommables			0	0	0	0	0
Achats fournitures non stockables			0	0	0	0	0
Transport	358,83	500	179415	188386	197805	207695	218080
Services extérieurs	1	15000	15000	15750	16538	17364	18233
Location	1	30000	30000	31500	33075	34729	36465
TOTAL			246415	258736	271673	285256	299519

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

- **Charges du personnel**

Désignation	Nombre	Salaire unitaire mensuel	Salaire annuel brut
Ouvrier	1	50000	500000
gardien	1	25000	250000
			0
			0
Total	2	75000	750000

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

• Investissements

Désignation	Quantité	Coût unitaire	Montant(F CFA)
Frais d'établissement			
Frais d'études-Formations	1	50 000	50 000
Frais de publicité et de lancement	-	-	-
<i>sous-total 1</i>			50 000
Terrain bâti			
Achat de terrain			-
Dépenses diverses			-
<i>sous-total 2</i>			-
Installations techniques et agencements			
Ateliers et autres aménagements	1	200 000	200 000
Magasins			-
<i>sous-total 3</i>			200 000
Logiciels			
Logiciel comptable, vente, paye et immobilisation	-	-	-
<i>sous-total 4</i>			-
Matériels et outillage technique			
Achats de réacteurs	10	200 000	2000000
Achats de Brouette	1	25 000	25000
Achats de Balance	1	28 200	28200
Achats de seau	2	1 250	2500
Achats de pelle	1	2 000	2000
Achats de marchandises et fournitures 5			0
Achats de marchandises et fournitures 6			0
Groupe électrogène			-
<i>sous-total 5</i>			2 057 700
Matériel informatique			
Ordinateurs			-
Mobilier	5	10 000	50 000
Photocopieur			-
<i>sous-total 6</i>			50 000
Véhicule de liaison (Pick-up)			-
<i>sous-total 7</i>			-
Besoin en Fonds de Roulement (BFR)			535 420
<i>sous-total 8</i>			535 420
Total Investissement			2 893 120

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

• **Amortissement**

Désignation	Montant FCFA	Taux	Dotation aux amortissements				
			An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Réacteurs	2000000	33,33%	666600	666600	666600		
Terrain bâti	0		0	0	0	0	0
Installations tech et agencements	200000	6,66%	13320	13320	13320	13320	13320
Logiciels	0		0	0	0	0	0
Matériel et outillage technique	57700	20%	11540	11540	11540	11540	11540
Matériel informatique	0		0	0	0	0	0
Mobilier de bureau	50000	20%	10000	10000	10000	10000	10000
Matériels de transport	0		0	0	0	0	0
Total	2307700		701460	701460	701460	34860	34860

• **Besoin en fond de roulement**

DESIGNATION	HYPOTHESES	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Besoins à financer						
Achat de matières premières	1 an	0				
Achat de fourn. non stockables et de consommables	1 an	60000				
Services extérieurs	1 an	15000				
Charges de personnel	6 mois	375000				
Créances clients	15 jrs de CA	87254	91616	96197	101007	106057
Total besoins à financer		537254	91616	96197	101007	106057
Ressources						
Fournisseurs	30 jrs d'achat	1833	1925	2021	2122	2228
Total ressources		1833	1925	2021	2122	2228
BFR		535420	89691	94176	98885	103829
Variation du BFR		535420	-445729	4485	4709	4944

• **Fournitures et consommables**

DESIGNATION	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Electricité	-	-	-	-	-
Eau	60 000	66 000	72 600	79 860	87 846
Fournitures et consommables de bureau		-	-	-	-
Total	60 000	66 000	72 600	79 860	87 846

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

• **Stratégie de financement**

EMPLOIS	MONTANT(FCFA)	%	RESSOURCES	MONTANT	%
Immobilisations	2 357 700	81%	Fonds propres	2 893 120	100%
BFR	535 420	19%	Investissements et prêts bancaires	0	0%
Total	2 893 120	100%	Total	2 893 120	100%

• **Compte d'exploitation**

DESIGNATION	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Chiffre d'affaires	2094090	2198795	2308734	2424171	2545379
Achats de matières premières	22000	23100	24255	25468	26741
Marge brute sur matières	2072090	2175695	2284479	2398703	2518638
Achats de fourn. non stockables et de consommables	60000	66000	72600	79860	87846
Impôts et taxes	0	0	0	0	0
Valeur ajoutée	1997090	2093945	2195342	2301479	2412560
Charges de personnel	870000	870000	870000	870000	913500
Excedent brut d'exploitation (EBE)	1127090	1223945	1325342	1431479	1499060
Dotation aux amortissemnts	434860	434860	434860	434860	434860
Résultat d'exploitation	692230	789085	890482	996619	1064200
Charges financières	0	0	0	0	0
Résultat avant impôt	692230	789085	890482	996619	1064200
Impôts sur le résultat	0	0	244882	274070	292655
Résultat net	692230	789085	645599	722549	771545
Dotation aux amortissemnts	434860	434860	434860	434860	434860
Capacité de financement	1127090	1223945	1080459	1157409	1206405

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

• **Budget de trésorerie**

Désignation	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Encaissements					
Chiffres d'affaires TTC	2 471 026	2 594 578	2 724 306	2 860 522	3 003 548
Fonds propres	2 893 120				
Emprunt bancaire	-				
Total encaissement	5 364 146	2 594 578	2 724 306	2 860 522	3 003 548
Décaissement					
Achat de matières	25 960	27 258	28 621	30 052	31 555
Frais généraux	75 000	81 750	89 138	97 224	106 079
Investissements	2 357 700				
Impôts et taxes	-	-	-	-	-
Frais de personnel	870 000	870 000	870 000	870 000	913 500
Remboursement	-	-	-	-	-
Total décaissements	3 328 660	979 008	987 758	997 276	1 051 133
Solde de trésorerie	2 035 486	1 615 570	1 736 548	1 863 245	1 952 415
Trésorerie Finale	2 035 486	3 651 056	5 387 604	7 250 849	9 203 264

• **Plan de trésorerie sur 5ans**

DESIGNATION	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Trésorerie initiale	0	2035486	3651055,71	5387604	7250849
Encaissements	5364146	2594578	2724306	2860522	3003548
Décaissements	3328660	979008	987758	997276	1051133
Trésorerie finale	2035486	3651056	5387604	7250849	9203264

• **Indicateurs de rentabilités**

DESIGNATION	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Rentabilité globale d'activité (Résultat/CA)	33,06%	35,89%	27,96%	29,81%	30,31%
Rentabilité économique (ROI)	24%	28%	31%	35%	37%
Rentabilité nette (ROE)	24%	27%	22%	25%	27%

• **Seuil de rentabilités**

	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Chiffre d'affaires CA)	2 094 090	2 198 795	2 308 734	2 424 171	2 545 379
Charges fixes	1 379 860	1 386 610	1 393 998	1 402 084	1 454 439
Charges variables	22 000	23 100	24 255	25 468	26 741
Marge sur CV(M/CV)= CA-CV	2 072 090	2 175 695	2 284 479	2 398 703	2 518 638
Taux de marge CV/CA	98,95%	98,95%	98,95%	98,95%	98,95%
Seuil de rentabilité	1 394 510	1 401 332	1 408 798	1 416 971	1 469 881

Développement de la chaîne de fabrication du charbon de coques d'anacarde

• Critères de choix d'investissement

Désignations	AN 0	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Résultats nets		692 230	789 085	890 482	996 619	1 064 200
Dotations aux amortissements		434 860	216 998	244 882	274 070	292 655
CAF		1 127 090	1 006 083	1 135 364	1 270 689	1 356 855
VAR BFR	535 420	- 445 729	4 485	4 709	4 944	
Investissements	2 357 700					
Total investissements	2 893 120	- 445 729	4 485	4 709	4 944	-
Flux Net de Trésorerie	- 2 893 120	1 572 819	1 001 598	1 130 655	1 265 745	1 356 855
Taux d'actualisation (12%)	1	0,8929	0,7972	0,7118	0,6355	0,5674
FNT ACT	- 2 893 120	1 404 303	798 474	804 801	804 381	769 879
FNT ACT CUMULES		1 404 303	2 202 777	3 007 577	3 811 958	4 581 837

• Valeur nette actualisée

VAN	1 688 716,95
IP	1,58
TRI	2

Annexe 6: Illustration de l'équipement de recueil des liquides condensables

