

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEUR
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
D'EBOLOWA
DEPARTEMENT DE D'INGENIERIE
DU BOIS



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TECHNICAL TEACHER
TRAINING COLLEGE OF
EBOLOWA
DEPARTMENT OF OF WOOD
ENGINEERING

**Filière
INDUSTRIE DU BOIS**

**ETUDE DE FAISABILITE POUR L'INSTALLATION D'UNE
UNITE DE
CARBONISATION SEMI-INDUSTRIELLE**

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement
Technique et
Professionnel de 2e grade (DIPET II)

Par : EFOULA Alain Bertrand

Sous la direction de
M. ANANGA Paul
Directeur de production Scierie SABM
Pr. Dr. Ing. NJANKOUO Jacques Michel
Maître de Conférences à l'Université de Yaoundé 1

Année Académique : 2019 - 2020



REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

ECOLE NORMALE SUPERIEURE
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

DEPARTEMENT D'INGENIERIE DU
BOIS

BP : 886 Ebolowa



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

HIGHER TECHNICAL
TEACHERS' TRAINING COLLEGE

WOOD ENGINEERING
DEPARTEMENT

P.O. Box 886 Ebolowa

ETUDE DE FAISABILITE POUR L'INSTALLATION D'UNE UNITE DE CARBONISATION SEMI-INDUSTRIELLE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement
Technique et professionnel de deuxième grade (DIPET II)

Option : Industrie du bois (IB)

Par

EFOULA Alain Bertrand

Matricule : 18W399

Sous la supervision

Professionnel

M. ANANGA Paul

Directeur de production Scierie SABM

Académique

Pr. Dr. Ing. NJANKOUO Jacques Michel

Maître de Conférences à l'Université de Yaoundé I

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITÉ DU TRAVAIL

Je soussigné, **EFOULA Alain Bertrand**, matricule 18W399, atteste que le contenu du présent mémoire de fin de formation à l'École Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET) de l'université de Yaoundé I à Ebolowa est le fruit de mes propres travaux effectués au sein de la Société Africaine des Bois du Mbam (SABM) sur le thème « ETUDE DE FAISABILITE POUR L'INSTALLATION D'UNE UNITE DE CARBONISATION SEMI-INDUSTRIELLE».

Ce travail a été effectué sous l'encadrement professionnel de **M. ANANGA Paul**, Ingénieur en valorisation industrielle des produits forestiers ligneux et sous la supervision académique du **Pr. Dr. Ing. NJANKOUO Jacques Michel**, Maître de Conférences à l'Université de Yaoundé I.

Ce mémoire est de ce fait authentique et n'a pas fait l'objet d'aucune soutenance en vue de l'obtention d'un quelconque grade universitaire.

Signature et Nom de l'auteur

EFOULA Alain Bertrand

Date : / /

Visa du Directeur de mémoire

Visa du chef de Département

**Pr. Dr. Ing. NJANKOUO Jacques
Michel**

Date : / /

**Pr. Dr. Ing. NJANKOUO Jacques
Michel**

Date : / /

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix-Travail-Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

ECOLE NORMALE SUPERIEURE
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

B.P : 886 Ebolowa/Tél : +237 243 71 78 16
Site web : www.enset-ebolowa.com
mailto : ensetewa@gmail.com



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace-Work-Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

HIGHER TECHNICAL TEACHER'S
TRAINING COLLEGE

P.O.BOX.886 Ebolowa/Tél : +237 243 71 78 16
Site web : www.enset-ebolowa.com
mailto : ensetewa@gmail.com



ATTESTATION DE CORRECTION DE MEMOIRE (2020)

Département..... Filière.....

Noms et prénoms du candidat.....

..... Matricule.....

Titre du mémoire.....

.....

Nous soussignés,

....., Examineur du jury

..... Rapporteur/Encadreur

Attestons que le mémoire sus cité a subi toutes les corrections de forme et de fond exigées par le jury.

Fait à Ebolowa le.....

l'Examineur

l'Encadreur

RECEPISSE DE CORRECTION DE MEMOIRE

Le Directeur de l'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique de l'Université de Yaoundé I à Ebolowa atteste avoir reçu un exemplaire et un CD contenant la version électronique corrigée du

Mémoire en un seul fichier.pdf :

Noms et prénoms du candidat.....

..... Filière.....

Fait à Ebolowa le.....

Le Directeur,

DEDICACE

*À mon feu frère **FOUMANE Serge Roland***

REMERCIEMENTS

- Je remercie vivement le Pr. Dr. Ing. NJANKOUO Jacques Michel, Chef de département de l'Ingénierie du Bois pour tous les efforts qu'il déploie afin que nous recevions une formation de qualité, pour sa disponibilité, ses conseils et son suivi durant toute la période de stage et de rédaction.
- Madame la Directeur de l'école normale supérieure d'enseignement technique d'Ebolawa Pr. NDJAKOMO ESSIANE Salomé pour tous les efforts menés pour notre formation et amélioration des conditions d'étude des étudiants.
- Merci à tout le personnel de l'ENSET d'Ebolowa (administration, enseignants, personnels d'appuis) pour tous les efforts pour l'encadrement des étudiants dudit établissement.
- Je tiens à remercier tout le personnel et dirigeant de la Société Africaine des Bois du Mbam, plus particulièrement à son Directeur M. Michel ATYE pour m'avoir permis d'effectuer ce stage au sein de son entreprise. Les remerciements vont aussi à tout le groupe Michel KHOURY qui a toujours répondu positivement à mes demandes de stage. Merci à M. ANANGA Paul Directeur de production scierie qui m'a écouté, prêté une attention à mes préoccupations. Merci à tous les travailleurs de la chaîne de transformation scierie pour leur attention à mon endroit.
- Merci très chère à ma maman M. ABOMO Christine pour tous son amour et ses efforts qu'elle a su traversé pour mon éducation depuis ma naissance jusqu'à ce jour.
- Une gratitude et remerciement à tous mes frères et sœurs et toute à ma famille qui m'ont toujours soutenu moralement et financièrement tout au long de ma formation.
- Je ne saurai terminer cette plage de remerciement sans toutefois penser à la grande famille OVAMBE plus particulièrement à M. EBOUTOU OVAMBE Marie pour l'instinct maternelle qu'elle a eu à m'apporter dans cette ville au sein de son toit. A madame MEYEGONE MEYO Victorine.
- M. BISSA Florentine, M. ATANGANA Marie Louise pour leur réconfort morale et leur soutien.

Table de matière

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITÉ DU TRAVAIL	Erreur ! Signet non défini.
FICHE D'ATTESTATION DE CORRECTION	iv
DEDICACE.....	v
LISTE DES ABREVIATIONS	x
LISTE DES FIGURES	xi
LISTE DES TABLEAUX	xii
LISTE DES ANNEXES	xiii
RESUME.....	xiv
ABSTRACT	xv
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
1.1. Contexte et justification.....	1
1.2. Problématique.....	1
1.3. Objectif de l'étude	2
1.4. Intérêt de l'étude.....	2
CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTERATURE	4
1.1. Définition des concepts	4
1.2. Etapes d'une étude de faisabilité	4
1.2.1. Démarrage d'une étude de faisabilité.....	5
1.2.2. Étude de faisabilité organisationnelle et légale	5
1.2.3. Etude de faisabilité du marché	5
1.2.4. Etude de faisabilité technique.....	6
1.2.5. Etude de faisabilité socio-environnementale.....	6
1.3. Carbonisation.....	6
1.3.1. Phases de la carbonisation	6
1.3.2. Méthodes de carbonisation	7
1.3.3. Différentes étapes de la carbonisation.....	10
1.3.3.1. Combustion	10
1.3.3.2. Déshydratation.....	10
1.3.3.3. Carbonisation proprement dite	10
1.3.3.4. Refroidissement.....	10
1.4. Facteurs agissant sur la carbonisation	11
1.4.1. Température.....	11
1.4.2. Durée de carbonisation et gradient de température	11
1.4.3. Matière première	11

1.4.4.	Essence	11
1.4.5.	Teneur en humidité.....	12
1.4.6.	Dimensions des bois	12
1.4.7.	Qualification de l'opérateur.....	12
1.5.	Impact environnementaux de la carbonisation	13
1.6.	Impact des techniques améliorées de carbonisation	13
1.7.	Etude sur la carbonisation à meule améliorée	13
1.7.1.	Préparation du lieu d'implantation du four	13
1.7.2.	Montage du four	14
1.7.3.	Chargement du bois.....	14
1.7.4.	Création des événements et cheminées	15
1.7.5.	Recouvrement du four	15
1.7.6.	Allumage	16
1.7.7.	Conduite du four.....	16
1.7.8.	Defournement.....	16
1.8.	Rendement.....	17
CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET METHODE.....		18
2.1.	Zone d'étude.....	18
2.1.1.	Situation géographique.....	18
2.1.2.	Relief et climat	18
2.1.3.	Pédologie et hydrographie.....	19
2.1.4.	Faune et flore.....	19
2.1.5.	Population humaine.....	19
2.2.	Description de la chaîne de production	20
2.3.	Collecte des données	21
2.3.1.	Données secondaires	21
2.3.2.	Données primaires	21
3.2.	Paramètres étudiés	25
3.2.1.	Type de déchet.....	25
3.2.2.	Volume de déchets	26
3.3.	Analyse et traitement des données	26
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS ET DISCUSSION		28
4.1.	Caractérisation et évaluation du volume des sous-produits de l'UTB	28
4.1.1.	Caractérisation des sous-produits.....	28
4.1.2.	Volume de déchets obtenus	28
4.1.2.1.	Volume entrant et volume sortant	28

4.1.2.2. Droite de régression et coefficient de corrélation du volume entrant et le volume sortant	29
4.1.2.3. Estimation du volume de déchet.....	30
4.2. Essais de carbonisation pour la production du charbon à l'aide des sous-produits de sciage	31
4.2.1. Identification des essences pour le test.....	31
4.2.2. Etude du positionnement et aménagement du lieu de carbonisation.....	32
4.2.3. Montage de la meule	32
4.2.4. Chargement de la meule	33
4.2.5. Production de charbon obtenu à partir de l'échantillonnage	33
4.2.6. Récapitulatif des différentes phases à mettre en place pour le projet.....	34
4.2.6. Planification de la production de charbon sur le court, moyen et long terme	35
4.3. Etude du marché et évaluation financière du projet	37
4.3.1. Etude du marché.....	37
4.3.1.1. Eléments motivants le choix du marché cible	37
4.3.1.2. Description de l'analyse concurrentielle	38
4.3.1.3. Politique du produit	38
4.3.1.4. Prix du sac de charbon dans quelques villes du Cameroun	39
4.3.1.5. Estimation de la consommation totale en bois et de la production totale de charbon	40
4.3.2. Evaluation du financement global de l'activité	40
4.3.2.1. Cout d'investissement du projet de carbonisation.....	40
3.1.1. Charges exploitation du projet de carbonisation	41
4.4. Analyse FFOM et stratégie d'impact environnementale.....	42
4.4.1. Analyse FFOM.....	42
4.4.2. Stratégie de gestion d'impact environnementale.....	43
4.3.3. Analyse des impacts socio-environnementaux du projet	44
4.3.3.1. Impacts négatifs.....	44
4.3.3.2. Impacts positifs.....	44
Discussion	45
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	46
CONCLUSION	46
RECOMMANDATIONS	47
ANNEXES	51

LISTE DES ABREVIATIONS

CIRAD : Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement

CO₂ : Dioxyde de Carbone

D_f : Diamètre Fin Bout

D_g : Diamètre Gros Bout

ENSET : Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique

EPI : Equipement de Protection Individuelle

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FFOM : Forces, Faiblesses, Opportunités Menaces

GTZ : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Coopération Technique Allemande)

MINFOF : Ministère des Forêts et de la Faune

PCI : Pouvoir Calorifique Inferieur

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur

S.A : Société Anonyme

UFA : Unité Forestière d'Aménagement

UTB : Unité de Transformation du Bois

S.A.B.M : Société Africaine des Bois du Mbam

V_B : Volume de Billon

V_D : Volume de Déchets

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Pourcentage de production de quelques types de fours de carbonisation.....	8
Figure 2: Lieu implantation	14
Figure 3: Montage du four	14
Figure 4: Chargement du bois.....	15
Figure 5: Création des événements.....	15
Figure 6: Recouvrement du four	16
Figure 7: Mode d'allumage	16
Figure 8: Sacs de charbon produite.....	17
Figure 9: Localisation de la Zone d'étude : (a) : Région du centre dans la carte du Cameroun, (b) : Département de la Haute Sanaga dans la région du centre, (c) : SABM dans le Département de la Haute Sanaga.....	18
Figure 10: Mètre à ruban.....	21
Figure 11 : Répartition des sous-produits de transformation de l'UTB.....	29
Figure 12: Représentation graphique de la droite de régression.....	30
Figure 13 : chargement de la meule.....	31
Figure 14 : Sac de charbon obtenu.....	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractérisation de quelques types de fours de carbonisation.....	9
Tableau 2: Emission de CO2 évité par la carbonisation.....	13
Tableau 3: Quelques essences présentes dans la zone d'étude.....	19
Tableau 4: Différents postes de transformation du bois dans une scierie.....	22
Tableau 5: Volume de transformation des billons en débités.....	29
Tableau 6: Déchets produit par essence après transformation.....	31
Tableau 7 : Essences choisi pour le test.....	30
Tableau 8 : Différents caractéristiques de la meule.....	31
Tableau 9 : Capacité de production de l'échantillon.....	31
Tableau 10: Phase de la carbonisation en fonction de la carbonisation de la durée.....	33
Tableau 11 : Equipe de carbonisation en fonction des tâches et salaire du personnel.....	34
Tableau 12 : Approche méthodologique en fonction des activités et acteurs.....	35
Tableau 13 : Acteurs directs intervenant lors de la commercialisation du charbon.....	36
Tableau 14 : Estimation de la consommation totale en bois et de production totale de charbon.....	37
Tableau 15 : Liste des essences concernées par la carbonisation.....	37
Tableau 16 : Prix du sac de charbon en fonction de la capacité du sac dans quelques villes au Cameroun.....	38
Tableau 17 : Coût d'investissement du.....	40
Tableau 18 : charge d'exploitation du projet.....	41
Tableau 19 : Analyse FFOM du projet.....	42

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Décision N 0188/D/MINFOF/SG/DPT/SDTB du 06 mai 2015 fixant les modalités de valorisation des rebuts d'exploitations.....	51
Annexe 2:Fiche de collecte des données en scierie.....	54
Annexe 3: Fiche d'enquête sur la commercialisation du charbon dans quelques villes du Cameroun..	55
Annexe 4: Fiche d'enquete des producteurs de charbon dans la localité.....	56
Annexe 5: Chronogramme des activités.....	56
Annexe 6 : qualité du charbon après défournement.....	55
Annexe 7 : suivie du processus de carbonisation.....	55
Annexe 8 : Création des événements.....	56
Annexe 9 : Espace de 50 Cm entre les chevrons et le sol pour circulation d'air.....	56

RESUME

La valorisation des résidus de la première transformation dans les Unités de Transformation de Bois (UTB) connaissent encore de nombreuses difficultés. L'objectif général de cette étude était d'apporter une récupération maximale de la matière ligneuse (déchet) lors de l'opération de sciage par une étude de faisabilité d'installation d'une unité de carbonisation de l'unité de transformation de la société Africaine des Bois du Mbam (SABM). Il était question : de caractériser et évaluer le volume des sous-produits issus du sciage, effectuer des essais de carbonisation afin de produire du charbon à l'aide des sous-produits du sciage, faire une étude du marché et une analyse financière sur la production du charbon, faire une analyse des Forces, Faiblesse, Opportunité et menaces (FFOM) afin de ressortir la stratégie d'impact environnementale. La prise des mesures sur les coursons entrant à la scie de tête et les débités obtenus à la fin de la transformation ont permis d'avoir un volume entrant et un volume sortant estimé respectivement à 4729,330 m³ et 1633,060 m³ ce qui a généré un volume de déchet de 3096,270 m³ pour un rendement de 34,53%. La carbonisation par meule améliorée a permis d'effectuer des tests pour la production de charbon, ainsi le choix a été pris sur deux essences comme Wengue (0,90) et le Dibetou (0,53) de densité moyenne et importante pour un charbon solide et de longue utilisation. De cette essai 3500 Kg de déchet de bois ont été utilisés pour une production de charbon à 1800 Kg soit 1,8 tonnes sur une période de 6 jours. Ceci a permis tout nécessairement à indiquer un planning de travail, l'outillage utilisé et le nombre de personnes nécessaires pour cette activité en fonction des tâches à accomplir. La planification de cette production sur une durée de 16 mois permettra à l'entreprise de produire près de 5529,600 tonnes de charbon sur long terme. De l'étude du marché, il en découle que le marché cible est visé en fonction des informations recueillies sur la consommation du charbon sur l'étendue du territoire et la concurrence y afférente met le prix de production pour un sac de 50 Kg à 3000FCFA, son évacuation vers les pôles de Yaoundé et Douala tout en incluant la partie septentrionale. Sur le plan financier avec le recensement sur les dépenses à fournir pour le démarrage du projet et les charges d'exploitations la somme totale à mettre en jeu est de 7860000 FCFA sur 16 mois de production. L'analyse FFOM ressort ainsi la stratégie d'impact environnementale basée sur l'anticipation. L'activité possède des avantages et des inconvénients tels que la valorisation des rebuts de sciages et la pollution environnementale respectivement. L'offre en charbon est encore inférieure à la demande, il y a donc une nécessité pour la structure de mettre en valeur leurs déchets de sciage et non plus de brûler à l'air libre. Il est soucieux pour ces derniers d'introduire en son sein une cellule de valorisation de ses déchets afin d'avoir un maximum de récupération sur la matière.

Mots clés : Carbonisation du bois, Biomasse, Valorisation des déchets de bois, Etude de faisabilité

ABSTRACT

The recovery of primary processing residues from wood processing many difficulties. The general objective of this study is to provide a recovery of the woody material (waste) during the sawing operation by a feasibility study of installation of carbonization unit of the unit of transformation of the company African woods from Mbam. It was a question of characterizing and evaluating the volume of sawing by-products, carrying out carbonization tests in order to produce coal from sawmill waste, carrying out market study and financial analysis on coal production analysis of the strengths, weaknesses, opportunities and threats in order to highlight the environmental impact strategy. Taking measurements on the coursons entering with the head saw and the sawn timber obtained at the end of the transformation made it possible to have a volume of incoming and outgoing wood estimated respectively at 4729,330 m³ and 1633,060 m³ which generated a waste volume of 3096,270 m³ for yield of 34,53%. Carbonization by an improved grinding wheel made it possible to carry out tests for the production of charcoal, so the choice was made on two species, namely Wengue and Dibetou of medium and impressive density for solid charcoal and of long use. From this test, 3500 Kg of wood waste was used for coal production at 1800 Kg or 1,8 tonnes over 6 days. This allowed everything to indicate a work plan, the tools used and the number of people necessary depending on the tasks to be accomplished. Planning this production over a 16 month period will allow the company to produce nearly 5529,600 tonnes of coal in the long term. From market study, it follows that the target market is targeted according to the information collected on over the extent of the territory and the knowledge relating to it puts the production price of 50 Kg at 3000 FCFA, its evacuation to the Yaounde and Douala poles while including the Northern part. On the financial level with the inventory of the expenses to be provided for the start of the project and the operating expenses, the total sum to be implemented is 7860000 FCFA over 16 months of production. Analysis thus highlights the environmental impact strategy based on anticipation. The activity has advantages and disadvantages such as the recovery of environmental pollution to name a few respectively. The supply of coal is still lower than the demand, so there is a need for the structure to develop their sawdust and no longer to burn in the open air. It is concerned for the latter to introduce within it recovery unit for its waste in order to have maximum recovery of material.

Key words: Carbonization of wood, valorization of wood Waste, biomass, recovery, feasibility study

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1. Contexte et justification

La gestion durable des écosystèmes forestiers est depuis quelques décennies au centre des préoccupations de la communauté internationale qui n'a cessé de se poser des questions sur l'état actuel et futur de l'environnement en général et des ressources forestières en particulier (GIRAD, 2003).

Dans les différentes modes d'utilisation de la ressource forestière notamment le bois, il en ressort que celui si subit une transformation dans les pays d'Afrique tropicale telque la production des avivés, des panneaux de fibres et quelque fois des voies de conversion thermochique (Badea, 2009) menassent ainsi la disparition de certaines espèce dans la coupe du bois

Conscient de l'importance de la pérennisation de l'humanité, de la gestion des déchets et de la promotion des bioénergies, les gisements de déchets de bois non exploités dont dispose le Cameroun représentent un potentiel à mettre en valeur (Sona, 2003).

Ces résidus d'exploitation des déchets de scierie qui étaient pour la plupart brûlés à l'air libre, sont aujourd'hui valorisés pour la production d'autres produits tels que le charbon de bois et bien d'autres. En effet d'après une étude menée sur la production des bois d'œuvre au Cameroun (GTZ, 2006) de l'antenne de l'Est, sur une valeur estimée entrée usine de 2.500.000 m³, il est ressorti au Cameroun en 2006 que seulement 748.000 m³ de bois ont été produits. Soit un rendement matière de 30%. La quantité des résidus de première transformation peut donc être estimée à 1.752.000 m³. D'où une nécessité de se poser la question de : comment valoriser de façon rentable les déchets de bois rejetés non seulement dans les concessions forestières mais aussi dans les scieries ?

1.2. Problématique

La problématique de la valorisation des déchets est bien réelle, et différentes voies peuvent être prospectées, selon la nature de la matière première et selon les débouchés potentiels (produit, type de marché et échelle géographique). Ces résidus d'exploitation et de scierie qui étaient pour la plupart brûlés à l'air libre, peuvent être valorisés.

Dès lors, la carbonisation de ces résidus pour ne citer que cette méthode de transformation présente des avantages certains. Ces avantages sont non seulement l'amélioration du rendement de transformation global du bois qui est évalué à 30% (Carrillo et al. 2010) ; le ralentissement de la vitesse de consommation de la ressource bois ; mais aussi la valeur financière ajoutée aux revenus des entreprises.

La Société Africaine des Bois du Mbam (SABM) est une société d'exploitation forestière et transformation du bois basé à Pela dans l'arrondissement de Nangaeboko région du Centre fait face à d'énorme quantité de déchet qu'il n'arrive parfois pas à récupérer. Cela influence ainsi leur rendement à faible proportion. On note aussi les machines de transformations vieillissantes et nécessitantes un

renouvellement. Face donc à cette difficulté de la matière première, une approche de valorisation doit être mise en œuvre afin d'augmenter le rendement de la production. La carbonisation étant le moyen étudié pour pallier à cette situation de stock de déchet permettra à l'entreprise d'augmenter le coût sur l'offre nationale globale en charbon de bois et ralentira d'une façon ou d'une autre la destruction des forêts pour des besoins de bois de chauffe et les revenus engendrés par cette activité permettra à l'entreprise d'augmenter ses capitaux et poursuivre jusqu'à la maintenance de sa technologie de transformation. La question qui se pose est celle de savoir si l'implantation d'une usine de carbonisation de l'unité de transformation SABM à Pela pourra pallier cette difficulté ?

1.3. Objectif de l'étude

❖ Objectif général

Apporter une récupération maximale de la matière ligneuse issue du sciage par une étude de faisabilité d'installation d'une usine carbonisation

❖ Objectifs spécifiques

- Caractériser et évaluer le volume des sous-produits issus du sciage;
- Effectuer des essais de carbonisation afin de produire du charbon à l'aide des sous-produits de sciage;
- Faire une étude de marché et une analyse financière sur la production de charbon ;
- Faire une analyse des Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces (FFOM) afin de ressortir la stratégie d'impact environnementale.

Cette étude comporte 04 chapitres : Une introduction, revue de littérature, matériel et méthodes et les résultats et Discussion. Ces chapitres sont suivis des recommandations, d'une conclusion, des références bibliographiques et des annexes.

1.4. Intérêt de l'étude

❖ Intérêt professionnel

L'industrie du bois plus particulièrement les industries de première transformation offre une plénitude de produit mais avec un rendement encore assez faible environ 30%, donc 70% de ce bois se retrouve sous forme de déchet ou rebuts de sciage. Ces rebuts peuvent ainsi faire l'objet d'emploi dans la valorisation de ces déchets pouvant rendre les personnes professionnel dans leur domaine d'application. On peut citer entre autre la carbonisation déjà en étude d'implémentation à la SABM, la production des panneaux, la vente dans le marché locale.

❖ **Intérêt économique**

L'installation d'une unité de carbonisation au sein de la société SABM pourra lui permettre de non seulement d'apporter une autre voie de valorisation de déchet à l'instar de la sciure qu'il valorise déjà à une faible valeur par l'alimentation de la chaudière pour le processus de séchage des avivés. Ceci apportera des entrées économiques dans leur gain.

❖ **Intérêt pédagogique**

Dans l'approche par compétence mise en vigueur de nos jours, il est nécessaire d'apporter aux jeunes apprenants de la spécialité industrie du bois devenu aujourd'hui transformation mécanique des grumes (TMG) selon cet approche des voies ou techniques de valorisation des résidus issus de cette transformation à partir des modules y afférents pour leur formation. Ceci participe aussi à leur autonomisation après leur cycle secondaire.

CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTERATURE

1.1. Définition des concepts

Biomasse : C'est la masse totale des êtres vivants en équilibre sur une surface donnée du sol ou dans un volume d'eau océanique ou douce. En tant que combustible et pour répondre aux critères de la société, la définition utilisée de la biomasse est « la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et de ses industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux » (GREB, 2012). En bref, elle représente les produits d'origine végétale non contaminés.

La valorisation des déchets de bois : est le traitement des déchets de bois permettant leur réemploi, leur réutilisation ou leur recyclage (Technologie du sciage et du rendement résineux (Temmerman, 2004)

La carbonisation du bois : est un traitement thermique du bois opéré avec un contrôle de l'admission d'air. Elle se fait par le chauffage du bois avec un minimum d'air. C'est une méthode très ancienne, complète et efficace, de transformation du bois. Théoriquement, on parle aussi de « Pyrolyse du bois ». « La pyrolyse est une décomposition, sous l'action de la chaleur et en absence d'oxygène, de matières organiques et minérales. Dans le cas du bois, elle consiste en la dégradation des trois polymères végétaux : cellulose, hémicellulose, lignine » (Lejeune, 1995).

Le pouvoir calorifique d'un combustible : est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète, sous pression atmosphérique normale, de l'unité de quantité de combustible. Il est dit supérieur (PCS) quand l'eau résultant de la combustion est ramenée à l'état liquide dans les produits de combustion. Il est dit inférieur (PCI) lorsqu'il prend en compte la chaleur latente de vaporisation de l'eau qui reste à l'état de vapeur dans les produits de combustion (ADEME, 2002).

Faisabilité : Selon le dictionnaire, la faisabilité c'est ce qui est faisable, réalisable, dans des conditions techniques, financières et de délais définis. (Petit Larousse illustré, 2018)

Etude de faisabilité : est une évaluation approfondit permettant de mieux planifier une activité ou un projet. Elle juge l'opportunité de faire ou de ne pas faire le projet et ce en terme de coût, de performance et en terme de faisabilité technique (Tiffany et Petersen, 2013)

1.2. Etapes d'une étude de faisabilité

L'étude de faisabilité est une opération primordiale dans tout processus de création d'entreprise. La littérature y relative est assez diversifiée. Il en ressort que, le but de l'étude de faisabilité est de vérifier que « théoriquement » si le projet technologique est cohérent avec la stratégie et les moyens de l'entreprise. Il est donc nécessaire d'aborder le projet sous toutes ses coutures afin de

valider l'idée et dévaluer sa faisabilité : technologique, commerciale, économique, juridique et organisationnelle (S.N.I. 2006). Il est donc essentiel de vérifier la faisabilité du projet dans l'entreprise, avant de se lancer dans la mise en œuvre concrète (phase de développement) quelle que soit l'origine de l'idée (de l'entrepreneur, des clients, d'un processus structuré de génération d'idées...). Ceci ne veut pas dire qu'une entreprise doit se cantonner à son métier de base. Mais si elle s'en écarte, les difficultés auxquelles elle risque d'être confrontée doivent déjà apparaître dans l'étape d'étude de faisabilité (INNOVATECH ASBL, 2016) Les étapes ainsi que leurs contenus, concourantes à la réussite d'une étude de faisabilité sont, au sens de CORRIVEAU (2012) :

1.2.1. Démarrage d'une étude de faisabilité

Pour mettre en place une étude, il est préalable nécessaire de suivre un canevas préétabli (CORRIVEAU, 2012 et INNOVATECH ASBL, 2016). Il est donc question de :

- ✓ Comprendre le jargon et le rôle des acteurs de l'étude de faisabilité.
- ✓ Visualiser tous les volets d'une démarche d'étude de faisabilité complète
- ✓ Maîtriser la prise de décision et s'outiller pour le faire
- ✓ Structurer sur mesure l'étude de faisabilité d'un projet

1.2.2. Étude de faisabilité organisationnelle et légale

S'agissant de l'aspect organisationnel, il est important de s'assurer que l'entreprise aura la capacité de consacrer une partie de son personnel et de ses équipements à la gestion et à la réalisation du projet. A la fin de l'étude de faisabilité, l'entrepreneur (seul ou en équipe) doit élaborer une synthèse qui lui permettra de tirer les conclusions de l'étude de faisabilité. Du point de vue juridique, il convient de vérifier les législations en vigueur dans le marché et le secteur d'activité visé. (CORRIVEAU, 2012 et INNOVATECH ASBL, 2016). Cette faisabilité est possible tout auprès des autorités compétentes du domaine d'application, ainsi le ministère des forêts et des faunes (KENFACK, 2015)

1.2.3. Etude de faisabilité du marché

Il s'agit de s'assurer qu'un marché existe pour le produit étudié. Il ne sert à rien d'investir du temps, de l'énergie et des moyens financiers dans la concrétisation d'une idée, aussi bonne et innovante soit elle, si personne n'est prêt à l'acquérir (SNI, 2016). Il faut donc :

- ✓ Connaître et prendre en compte l'environnement d'affaires du projet
- ✓ Approfondir les besoins motivant le projet
- ✓ Caractériser le marché ciblé par le projet
- ✓ Décrire et analyser la concurrence (l'offre)
- ✓ Estimer le potentiel de ventes du marché et des segments visés
- ✓ Décrire et estimer les ventes possibles pour l'entreprise (CORRIVEAU, 2012 et INNOVATECH ASBL 2016)

1.2.4. Etude de faisabilité technique

Une fois l'idée validée, il faut s'assurer que la technologie envisagée peut être intégrée dans l'entreprise et sous quelles conditions (recours à une recherche, à un développement, à une adaptation, à un transfert, ...) (SNI, 2016). Autrement dit, il serait indispensable de :

- ✓ Paramétrer la production ou la prestation du concept du projet
- ✓ Configurer en détail le système technique du projet
- ✓ Estimer les coûts de développement et de production du projet
- ✓ Faire l'état des revenus et dépenses du volet (CORRIVEAU, 2012 et INNOVATECH ASBL 2016)

1.2.5. Etude de faisabilité socio-environnementale

Tout projet ayant un impact sur le plan social et environnemental fait l'objet d'une attention particulière et nécessite ainsi une prise en compte dans l'élaboration du projet à mettre en œuvre (SNI, 2016) il devient crucial de :

- ✓ Étudier la faisabilité socio-environnementale : démarche et principes directeurs
- ✓ Caractériser l'environnement du projet
- ✓ Analyser les impacts socio-environnementaux du projet
- ✓ Orchestrer les stratégies de gestion des impacts
- ✓ Faire l'état des revenus et dépenses du volet de l'étude de la faisabilité socio environnementale (CORRIVEAU, 2012 et INNOVATECH ASBL 2016)

1.2.6. Etude de faisabilité financière

Il faut s'assurer que les coûts et les délais soient acceptables. Toute technologie a un coût. Il est donc important d'avoir une idée des ressources financières qui devront être dégagées pour concrétiser le projet. Parallèlement à la technologie et au coût, l'estimation du temps que prendra le projet est un facteur clé de décision de lancement ou d'abandon (SNI, 2016). En d'autres termes,

- ✓ Étudier la rentabilité du projet
- ✓ Évaluer l'impact du financement, le planifier et monter les états financiers prévisionnels (CORRIVEAU, 2012 et INNOVATECH ASBL 2016)

1.3. Carbonisation

1.3.1. Phases de la carbonisation

Selon l'intérêt qu'ils portent sur le produit final, certains auteurs (Schenkel, 1997, Bertaux, 1997, Vanwijnsberghe et Carré, 1996) utilisent d'autres termes pour désigner le même processus :

Carbonisation : finalité → charbon de bois

Distillation : finalité → jus pyroligneux

Gazéification : finalité → gaz

Le processus de carbonisation comporte notamment 04 phases (Lejeune, 2007) :

- Première phase dite encore appelée allumage ou préchauffage.
- Deuxième phase : la déshydratation, Le feu se développe rapidement au centre de la charge. La température de celle-ci croit rapidement pour retomber au moment où l'eau contenue dans le bois se sera vaporisé. Cette eau s'échappe sous forme de fumée blanche abondante. La durée de cette phase est fonction de l'humidité du bois.
- Troisième phase : la phase exothermique : Lorsque l'eau est éliminée, la température de la charge augmente jusqu'à 600°C, température de carbonisation du bois. A la fin de cette étape, la diminution et le changement de couleur de fumée (bleu) signale la fin de la carbonisation.
- Quatrième phase : refroidissement ou extinction : Quand la troisième phase s'achève, on laisse refroidir la charge. Ensuite on extraie le charbon du bois. (Ducenne, 2002).

1.3.2. Méthodes de carbonisation

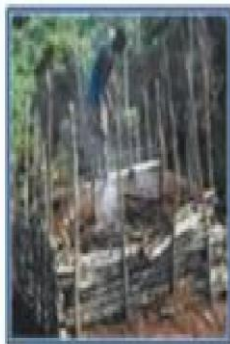
Il existe 02 méthodes de carbonisation au rang desquels :

- La carbonisation par combustion partielle : l'énergie nécessaire à la carbonisation est fournie par une partie de la charge (fosses, meules, fours en maçonnerie, fours métalliques) ;
La carbonisation par chauffage externe : l'énergie nécessaire à la carbonisation est fournie par un foyer de chauffe externe par l'intermédiaire d'une surface d'échange (vase clos, cornue) ;
- 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 charge (Babou, 1986).

La carbonisation par combustion des gaz partiel possède un rendement pas assez important soit 40% de la production (Kenfack, 2015)

La figure 1 représente quelques techniques de carbonisation utilisées jusqu'ici.

en évidence : leurs niveaux de pollution atmosphérique, l'aisance ou la complexité lié à leur utilisation.



Fours traditionnels
Efficacité: **8-12%**



Fours améliorés
Efficacité: **12-18%**



Fours semi-Industriels
Efficacité: **18-24%**



Fours industriel
Efficacité **>24%**

Figure 1: Pourcentage de production de quelques types de fours de carbonisation (GTZ, 2006)

Le tableau 1 ci-dessous caractérise quelques outils de carbonisation de façon à mettre en évidence : leur niveau de pollution, l'aisance ou la complexité lié à l'utilisation

Tableau 1: Caractérisation de quelques types de fours de carbonisation

Meule	Mobilité (tout terrain)	Exigeant en qualification de l'opérateur
	Matériaux locaux	Nécessite beaucoup de main-d'œuvre
	Investissement nul	Charbon de qualité variable et Sali par la couverture
	Carbonise les gros bois sans refentes	
	Capacité ajustable	Sensible aux aléas climatiques
	Pas de débardage	Rendement énergétique faible
	Utilisation des résidus de biomasse	Pollution importante (fumée)
Fosse	Investissement très faible	Sensible aux aléas climatiques
	Matériaux locaux	Exige un sol profond et cohérent
	Carbonise les gros bois sans refentes	Exige beaucoup de main d'œuvre
	Capacité ajustable	Qualification de l'opérateur
	Conduite aisée	Rendement énergétique faible
	Charbon relativement propre	Pollution importante (fumée)
	Débardage sur petit périmètre	
Fours en maçonnerie	Matériaux locaux	Construction nécessitant un maçon compétent
	Bonne isolation thermique	Installation fixe
	Conduite aisée	Frais de débardage
	Charbon homogène et propre	Capacité déterminée
	Longue durée de vie	Refroidissement lent
	Peu sensible aux aléas climatiques	Refente des gros bois
		Perte biomasse petit bois
		Pollution importante (fumée)
Fours métalliques	Mobilité	investissement lourd en devise
	Cycle court par refroidissement rapide	Capacité déterminée
	Charbon homogène et propre	Refente des gros bois
	Conduite aisée	Durée de vie courte (suivant opérateur et qualité des matériaux)
	Peu sensible aux aléas climatiques	Rendement énergétique moyen
	Débardage sur petit périmètre	Pollution importante (fumée)

(Schenkel et al.,1997)

1.3.3. Différentes étapes de la carbonisation

En fonction de l'évolution de la température, on distingue cinq grandes étapes lors du processus de carbonisation par combustion partielle : la combustion, la déshydratation, la carbonisation (distillation) et le refroidissement (Razanfijara, 2014)

1.3.3.1. Combustion

Lorsque le feu est mis en place par les points d'allumages, la température monte brusquement jusqu'à 600 ou 900°C. En effet, une partie de la charge en contact direct et en excès d'oxygène s'enflamme très vite. Ce phénomène déclenche aussitôt les phases suivantes (Razanfijara, 2014) :

- Séchage : grâce à la chaleur du foyer, l'eau encore contenue dans le bois s'évapore ;
- Pyrolyse : sous l'action de la chaleur, les constituants du bois se décomposent en gaz et en fines gouttelettes de goudrons qui se vaporisent. La majorité de ces composés gazeux sont combustibles. La décomposition laisse un résidu carboné ;
- Combustion des gaz : dès qu'ils s'échappent de la pièce de bois, les gaz de décomposition se combinent à l'oxygène et brûlent (flamme) ;
- Combustion du résidu carboné : lorsque les gaz se sont dégagés, le résidu carboné brûle (incandescence des braises).

1.3.3.2. Déshydratation

Entre 100 et 200°C, le bois perd surtout son humidité. C'est la période endothermique correspondant au séchage, au cours de laquelle le processus peut éliminer quelques composés volatils entraînés par la vapeur d'eau. La durée de cette phase dépend de l'humidité du bois et de la méthode de carbonisation (Razanfijara, 2014).

1.3.3.3. Carbonisation proprement dite

Dès que l'eau est éliminée, il y a une augmentation très rapide de la température consécutive à la décomposition des constituants du bois (réaction exothermique). Il se forme un mélange de produits constitués principalement d'acide acétique, de méthanol et de goudron qui s'échappent dans la fumée. Si la structure de la cheminée (ou des cheminées) le permet, ce mélange peut se condenser et couler sous forme de jus pyroligneux sur les parois internes. La fin de la phase de carbonisation se manifeste par la réduction et le changement de couleur des fumées qui deviennent bleues. Il faut alors arrêter la carbonisation (Razanfijara, 2014).

1.3.3.4. Refroidissement

Le temps de refroidissement dépend de la technique de carbonisation, de l'épaisseur et de la capacité radiative des parois de l'appareil utilisé (Babou, 1986).

1.4. Facteurs agissant sur la carbonisation

De nombreux paramètres influent sur les résultats d'une carbonisation (rendement en charbon, temps de carbonisation, qualité du charbon, etc.), mais l'importance de chacun de ces paramètres dépend de la méthode de carbonisation.

1.4.1. Température

La température de carbonisation conditionne les propriétés physicochimiques des produits obtenus et est l'un des facteurs les plus importants (TATY, 2012). Il est donc nécessaire de bien la contrôler pour obtenir un charbon aux caractéristiques désirées. Il se trouve cependant que le contrôle se heurte à plusieurs difficultés dans le cas des carbonisations par combustion partielle.

La qualité chimique du charbon (% de carbone fixe) augmente avec la température au détriment de ce même rendement. En effet, la perte de matières volatiles est d'autant plus importante que la température de réaction est élevée, ce qui favorise l'augmentation du taux de carbone fixe et une baisse du rendement.

1.4.2. Durée de carbonisation et gradient de température

Lors de la décomposition thermochimique de la matière ligneuse, la répartition quantitative et les qualités des composés formés sont strictement liées à la cinétique de réaction de décomposition de température et à la durée de carbonisation, elle-même liée au gradient de température et à la durée de carbonisation.

En effet, au cours d'une carbonisation (pyrolyse lente), les composés ont le temps de se former puis de réagir les uns sur les autres ou de s'auto polymériser lors de réactions secondaires. Tel n'est plus le cas lors d'une pyrolyse rapide et d'une gazéification où la montée de température est inférieure à une seconde. On n'obtient pratiquement plus de charbon, mais presque uniquement des gaz et des liquides. (Deglise, 1982).

Suivant la technique utilisée dans les pays tropicaux, par la meule il se trouve que la durée de la carbonisation dépend de la densité du bois. Elle est de 5 jours pour les essences légères de faible densité (Razanfijara, 2014).

1.4.3. Matière première

Les caractéristiques de la matière première ont une incidence sur le choix et sur les performances de l'équipement de carbonisation. Les trois facteurs les plus importants sont l'essence, la teneur en humidité et les dimensions des bois.

1.4.4. Essence

En règle générale, toutes les essences de bois peuvent être carbonisées pour produire un charbon utilisable. La teneur en cendre est peu variable d'un bois à l'autre, mais varie

considérablement à l'intérieur d'un même bois. En effet, l'écorce à une teneur en cendre excessive et donne un charbon très friable pour la plupart des usages (Razanfijara, 2014).

Les résineux (gymnospermes) donnent en général un bois plus friable et moins dense que les feuillus tropicaux (angiospermes). Ce phénomène s'explique par le fait que les feuillus tropicaux sont souvent plus denses et plus riches en lignine que les résineux. Les bois malades ou pourris produisent un charbon de mauvaise qualité qui est beaucoup plus friable car la structure de départ est plus fragile.

Les essences de reboisement à croissance rapide (fort accroissement en volume) donnent en général un bois peu dense et, par conséquent, un faible rendement en charbon par unité de volume de bois. Il sera ainsi nécessaire de choisir les essences et les modes de traitement qui procurent un rendement maximum de bois en poids. Dans l'état actuel des recherches, les Eucalyptus restent le genre botanique le plus en faveur (Badéa, 2009).

1.4.5. Teneur en humidité

L'humidité contenue dans la charge du bois doit être évaporée en brûlant une quantité supplémentaire de bois, ce qui abaisse le rendement global. La durée du cycle complet de carbonisation se trouve également augmentée, d'où l'accroissement des coûts. Le volume du bois vert étant supérieur, par ailleurs, à celui du bois sec, le coefficient de remplissage se trouve diminué lorsqu'on enfourne du bois vert. Le séchage à l'air de certaines essences présente un certain nombre de contraintes, à savoir : les pertes dues à l'altération par les champignons et les attaques d'insectes. Il faut trouver alors un compromis entre le temps de séchage afin d'avoir une perte d'humidité maximale, et les pertes dues aux insectes et aux champignons. Humidité sur brut (Razanfijara, 2014).

1.4.6. Dimensions des bois

La vitesse de carbonisation est en relation étroite avec la taille des bois. Les gros morceaux se carbonisent lentement du fait que la transmission de chaleur à l'intérieur du bois est relativement lente. Notons que la section transversale du bois a une influence plus prépondérante que la longueur dans le sens du fil de bois. Avec des bois provenant des peuplements artificiels, il est possible d'avoir des morceaux de dimension uniforme. En forêt naturelle, on aura, des bois de taille très variée. Le tronçonnage et le fendage augmentant le prix de revient de la matière première, il serait préférable de carboniser le bois de gros diamètre en fosse ou en meule qui ont un cycle lent de carbonisation.

1.4.7. Qualification de l'opérateur

Dans le cas de procédé par combustion partielle, la qualification de l'opérateur est très importante mais dépend du type d'installation utilisé. Dans certains procédés artisanaux traditionnels, type meule ou fosse, elle est le facteur prépondérant à la bonne marche de l'opération. Pour les fours métalliques, la qualification requise est moindre. Dans les unités industrielles, la qualification des opérateurs intervient généralement très peu sur le fonctionnement, puisque les réacteurs sont le plus

souvent automatisés. Il n'en demeure pas moins vrai que tout projet de carbonisation doit s'appuyer sur des actions de formation. (FAO, 2016).

1.5. Impact environnementaux de la carbonisation

De façon globale, la carbonisation est une activité qui participe à la pollution atmosphérique par la production de fumée et qui pollue les cours d'eaux et les nappes phréatiques si elle est menée en bordures des cours d'eaux. La gravité de son impact négatif sur les sols est fonction de la technique utilisée.

1.6. Impact des techniques améliorées de carbonisation

Considérant un rendement moyen de 15% pour les meules traditionnelles et 30% pour les techniques améliorées, une tonne de bois donne respectivement 150kg et 300kg de charbon. (Cheick et al., (2006) affirme que le bois contient 50% de carbone et le charbon 90%. Dans cette logique, le tableau 2 présente l'émission de CO₂ évitée par quelques modes de carbonisation.

Tableau 2: Emission de CO₂ évité par la carbonisation

Type de four	Emission de CO ₂ évitée/tonne MP (Kg CO ₂ /T.MP)
Outils de bas Rendement	396
Meule traditionnelle	660
Four métalliques	824
Four en brique	824
Four cornue artisanal	989

Temmerman, 2012

1.7. Etude sur la carbonisation à meule améliorée

1.7.1. Préparation du lieu d'implantation du four

Il faut choisir un endroit bien aéré avec un sol sec, plat, peu de pierre, proche d'un point d'eau et d'un chemin. Le charbonnier doit dégager l'endroit de toutes matières inflammables dans un rayon de 30 m. Les feuillages et les herbages devraient être entassés dans un même endroit (Rabensandratana, 2004). La figure 2 représente le montage du site carbonisation ainsi décrit.

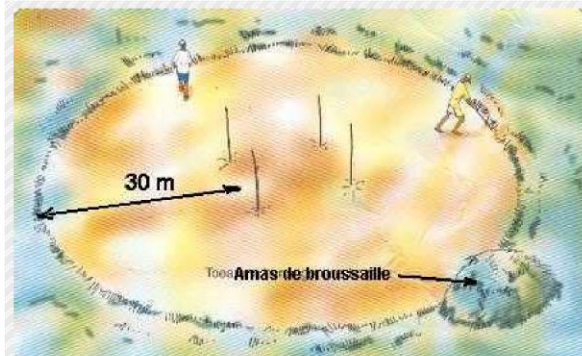


Figure 2: Lieu d'implantation (PEDM 2001)

1.7.2. Montage du four

Un four à monter (Figure 3) a les dimensions suivantes définies par le manuel de Rabensandratana (2004):

- Longueur : 2 m
- Largeur : 1,5 m
- Hauteur : 1,5 m

Un four a donc une capacité de $4,5 \text{ m}^3$ (Tsirinirina 2004).

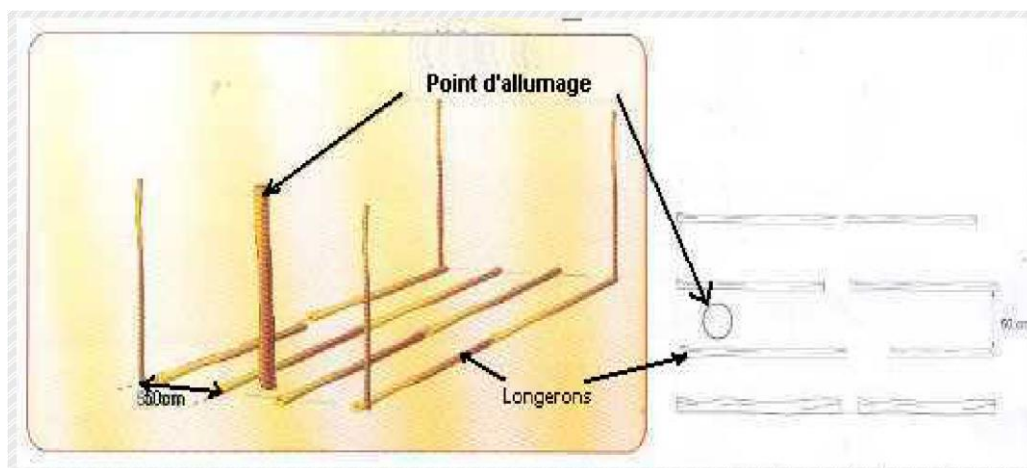


Figure 3: Montage du four (PDEM 2001)

1.7.3. Chargement du bois

Le rangement du bois se fait toujours transversalement par rapport aux longerons. Charger tout d'abord les bois de petit diamètre près de la bouche d'allumage, ensuite charger les bois de gros diamètre de façon à ce que les plus gros soient près des cheminées et à minimiser les vides entre les bois (Rabensandratana, 2004). Le sommet du four devrait être horizontal et plan. Tous ceux-ci sont illustrés par la figure 4.

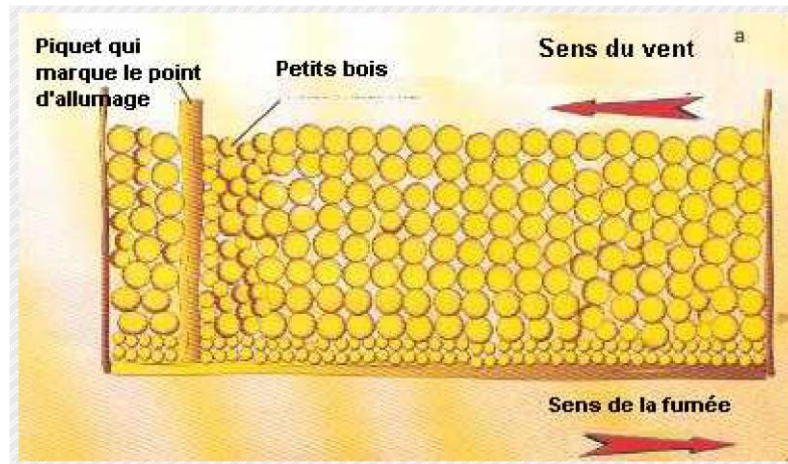


Figure 4: Chargement du bois (PDEM 2001)

1.7.4. Création des événements et cheminées

Des canaux creusés dans le sol serviront d'évents et de cheminées pour le four. Ils auront une section de 20 cm. Il aura 2 cheminées et 4 aérations. Pour les quatre aérations, il y aura deux à chaque partie latérale du four (Tsirininirina, 2004). La figure 5 indique cette opération, comment il est mené.

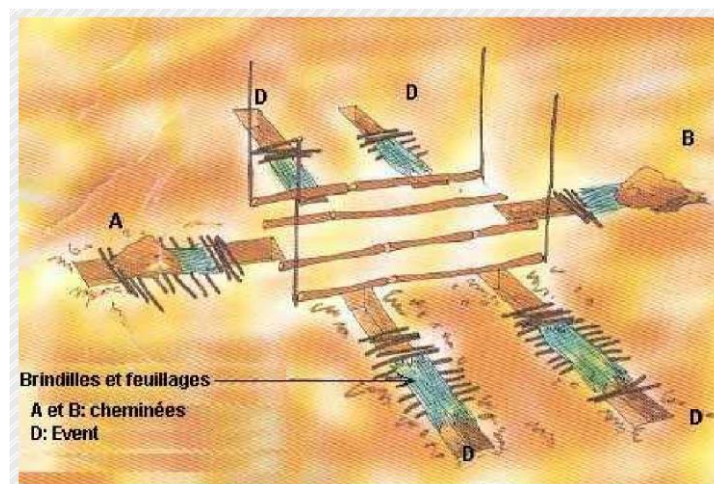


Figure 5: Création des événements (PDEM 2001)

1.7.5. Recouvrement du four

Il faut d'abord recouvrir le four par du feuillage, ensuite par de la terre à l'aide d'une pelle sauf sur le point d'allumage telque présenté par la figure 6. Il faut prendre soins à ce qu'il n'y ait aucun interstice capable d'introduire de l'air (Rabensandratana, 2004).

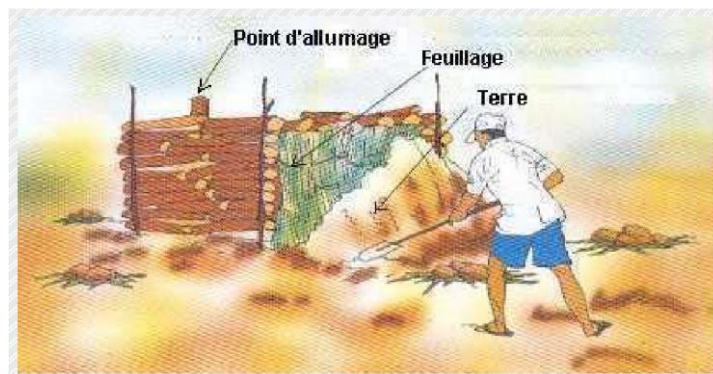


Figure 6: Recouvrement du four (source: PDEM, 2001)

1.7.6. Allumage

On enlève le bois posé verticalement au point d'allumage puis on y introduit des brindilles sèches, ensuite on allume un feu à l'extérieur du four pour obtenir des braises qu'on introduira dans la bouche d'allumage la figure 7 est une illustration de ce processus. Des fumées devraient alors sortir des cheminées et des aérations (Tsirinirina, 2004). Le feu peut se voir à travers la cheminée près de la bouche d'allumage, on devrait alors obturer cette cheminée.

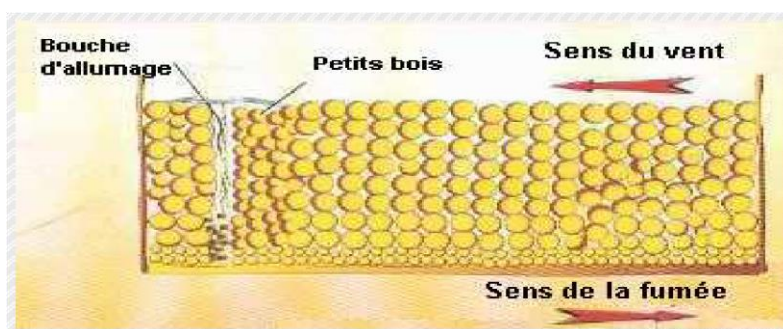


Figure 7: Mode d'allumage (PDEM, 2001)

1.7.7. Conduite du four

La progression du feu est contrôlée à l'aide des événements ; s'il y a trop de vent, on les obture et s'il y a peu de vent on les laisse ouverts. La carbonisation dure environ 7 jours. Lorsqu'aucune fumée n'en sort plus, toutes les voies d'aérations et cheminées devront être bouchées. Il faut laisser le four se refroidir pendant 8 à 10 jours (Rabensandratana, 2004).

1.7.8. Defournement

Le défournement se fait pendant la nuit pour apercevoir les braises non éteintes. On doit les éteindre en les recouvrant de terre ou en les arrosant avec de l'eau. Le charbon est amassé et ramassé à l'aide d'une fourche (Figure 8) (Rabensandratana, 2004).

1.8. Rendement

Si toutes ces conditions sont satisfaites, un tel four peut produire 36 sacs de charbons. C'est à dire 8 sacs de charbon / m³ (Rabensandratana, 2004).

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET METHODE

2.1. Zone d'étude

2.1.1. Situation géographique

L'étude s'est déroulée à la SABM de Pela Arrondissement de Nangaeboko Région du centre Cameroun. La zone d'étude est située suivant les coordonnées géographiques de latitude $10^{\circ}20'19,6''E$ - $10^{\circ}20'19,6''E$ et de longitude $0^{\circ}20'12,7''N$ - $0^{\circ}20'12,7''$. La figure 8 est une illustration de la zone d'étude (SABM, 2020).

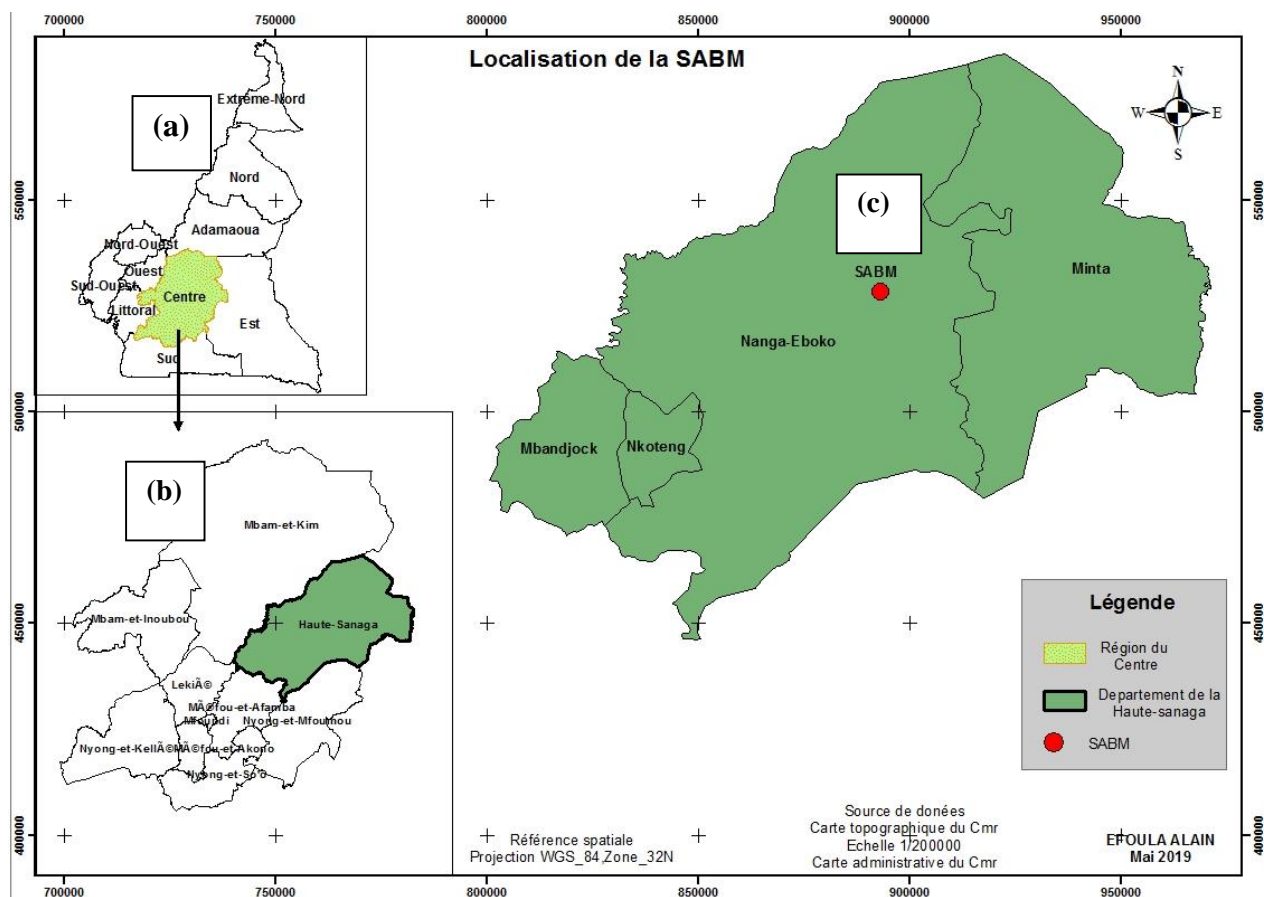


Figure 8: Localisation de la Zone d'étude : (a) : Région du centre dans la carte du Cameroun, (b) : Département de la Haute Sanaga dans la région du centre, (c) : SABM dans le Département de la Haute Sanaga

2.1.2. Relief et climat

Globalement, le relief de la concession est moyennement accidenté. Il présente une succession de collines aux pentes généralement douces entrecoupées de petits cours d'eau ou de dépression marécageuse le plus souvent parcourus par des cours d'eau permanents. Des pentes abruptes peuvent être observées, mais reste très localisées et leur dénivelé dépasse rarement 10 à 35 mètres (UFA 08001, 2008).

Le climat de la région selon Geiger (1961) est de type savane avec hiver, avec une grande saison sèche allant de décembre à mars, interrompu par de rares pluies et une petite saison sèche de Mai à Août et une saison de pluie d'Avril à Novembre. Une pluviométrie de 22 mm en Janvier à 300 mm en Octobre et les températures allant de 17° en Juillet à 30°C en Mars (EPNGI, 2013).

2.1.3. Pédologie et hydrographie

Le sol de la zone est en grande majorité recouvert de savane parcouru par le fleuve Sanaga. On trouve aussi des cours d'eau comme le Djerem et de zone sableuse (UFA 08001, 2008).

2.1.4. Faune et flore

La flore est composée de plusieurs variétés d'espèces végétales. Le tableau ci-après présente quelques espèces végétales.

Tableau 3: Quelques essences présentes dans la zone d'étude

ESSENCES	NOMS SCIENTIFIQUES
Acajou de bassam	<i>Khaya ivorensis</i>
Ayous /Obeché	<i>Triplochyton scleroxylon</i>
Bilinga	<i>Nauclea diderrichchii</i>
Bubinga Rouge	<i>Guibourtia tessamii</i>
Dabema	<i>Piptadeniastrum africanum</i>
Dibetou	<i>Lovoa trichilioides</i>
Doussié Rouge	<i>Afzelia bipindensis</i>
Iatandza	<i>Albizia ferruginea</i>
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>
Padouk Rouge	<i>Pterocarpus soyauxii</i>
Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>
Movingui	<i>Distemonanthus benthamianus</i>

(SABM, 2013)

Pour ce qui est de la faune, on y trouve dans les abords de la Sanaga des reptiles comme les crocodiles, des tortues marins et d'autres espèces de poisson et les mammifères les plus représentés sont les *Céphalophes* suivis de plus près par les primates dont certains comme le Chimpanzé sont également protégés. On observe également des oiseaux de diverses variétés et des reptiles comme des serpents boas à certains endroits de la forêt, principalement le long des grands cours d'eau (UFA 08001, 2008)

2.1.5. Population humaine

Le Département de la Haute Sanaga d'après le dernier recensement du peuple Camerounais, contient 115 305 habitants avec une densité de 9,7 hab./ km² et une superficie de 1185400 ha (MINAT, 2005). Pela constitue l'un des villages de ce Département avec une population homogène constituée principalement des autochtones, des peuples issus du Nord Cameroun, le centre notamment

les Bantous et ceux de la Région de l'Ouest et divers individu provenant de la société industrielle de la place. La langue parlée est le Mbamvele pour les autochtones.

Le village est recouvert d'une grande forêt et savane. Les populations vivent essentiellement de l'agriculture destinée à l'autoconsommation, la pêche, chasse et aussi peu de commerce. Les habitations sont généralement construites en terre battue, brique de terre, en planches et principalement recouvert de paille.

2.2. Description de la chaîne de production

La société Africaine des bois du Mbam possède une usine de transformation du bois qui dispose d'une grande scierie d'une capacité de transformation de 40000 m³ de grume par an, d'une raboterie et d'un atelier de menuiserie qui généralement offre ses services à la population locale. SABM s'approvisionne en grume dans son UFA (08001). Ce bois est transporté avec des lettres de voiture de bois d'œuvre (LVBO) et stocké au parc à grumes scierie où il est préparé (vérification légale, cubage, tronçonnage, étiquetage) en fonction des exigences du contrat de commande (longueur, diamètre, qualité). Le billon préparé est acheminé à la scierie où il passe à la scie de tête et y est scié en quartelots ; puis à la déligneuse qui vas scié les pièces en largeur et enfin deux ébouteuses (une principale et une secondaire) donnent la longueur finale aux débités. Des machines de récupération sont installées afin de valoriser les déchets issus des machines et destiné pour le marché local. Les débits sont triés et empilés suivant les dimensions et suivant les contrats. Les colis sont cubés, cerclés, marqués du numéro du contrat, logo de l'entreprise SABM, classés en fonction de la qualité du produit et entreposés d'où la première transformation. La scierie dispose d'un séchoir pour le conditionnement des débités afin de répondre aux exigences de certains contrats. La deuxième transformation est assurée par la raboterie. Les produits issus de cette transformation sont les bois ronds en Ayous, les parquets et les lambris de différentes essences. La logistique des produits est assurée jusqu'au port de Douala pour l'export par des sous-traitants tels que Trans-Afrique, TMK et TJK.

La SABM possède une menuiserie qui offre des produits de troisième transformation. Très peu développés, les produits issus de cet atelier sont utilisés uniquement pour les besoins de la société et les besoins de la population locale. Elle utilise en majorité les bois de récupération produits par la scierie.

L'unité de première transformation fonctionne six (06) jours sur sept (07), de sept (07) heure du matin à dix-huit (18) heures du soir donc 11h par jour, suivant deux équipes A et B.

2.3. Collecte des données

2.3.1. Données secondaires

Pour ces données, une recherche documentaire avec consultation des anciens rapports et mémoires traitant de la carbonisation afin de pouvoir élaborer une démarche à suivre sur une méthode améliorée de production de charbon à base de la biomasse agricole ou forestière et sur l'étude de faisabilité d'une unité de production de charbon vert et d'autres articles. Les informations obtenues auprès de la délégation départementale des forêts et des faunes de la haute Sanaga pour collecter des informations dans le cadre juridique de la carbonisation des résidus de bois et des sites internet pour mieux asseoir les connaissances.

2.2.2. Données primaires

❖ Caractérisation des sous-produits de l'UTB

Pour atteindre cet objectif, une descente en scierie pendant une période de 7 jours a été faite afin d'identifier les types de déchet produit par des prises d'image à chaque poste de transformation.

Un volume de bois entrant à la scie de tête de chaque courson a été déterminé en prenant des mesures sur la longueur et les diamètres fins et gros bouts.

Le volume de débité obtenu par des mesures sur chaque colis : l'épaisseur des débités, la longueur des débités constituant le colis, la largeur à l'aide d'un mètre ruban au cm près (Figure 10). Le nombre de colis a été compté. De ces deux volumes, une différence a été effectuée afin d'obtenir le volume de déchets générés. Pour ces différents volumes, le matériel utilisé était constitué :




- Un mètre ruban
- Des fiches de collecte des données
- Une traie pour marquer les pièces et les colis déjà évalués



Figure 9: Mètre à ruban

Le tableau 4 présente un aperçu des différents postes de transformation et les machines utilisées.

Tableau 4: Différents postes de transformation du bois dans une scierie

Machines	Images	Modèle
Scie de tete		Schulte
Deligneuse		Isner
Ebouteuse		Stromab

❖ **Essais de carbonisation pour la production de charbon à l'aide de sous-produit de sciage**

Ici, est question d'identifier les espèces qui nous servirons d'échantillon pour la mise en place de la meule afin de produire le charbon proprement dit.

- **Identification des essences**

Pour ce test, il a été préférable de prendre en compte les essences de forte densité et de moyenne densité. Le choix a donc été fait sur deux types d'essence pour échantillonnage.

- **Positionnement et aménagement du lieu de carbonisation et dimension de la meule**

En fonction de la disponibilité de la matière première et à proximité des zones arides et proche d'une source d'eau pour le refroidissement. La meule installée après aménagement est de sections carrées. La prise en compte de la longueur des piquets pour le coffrage de la meule a été nécessaire.

- **Montage et chargement de la meule**

Cette phase a nécessité de l'expertise des producteurs de la société PM, ainsi que l'apport des connaissances théoriques en notre disposition. Le coffrage de la meule a tenu compte des dimensions

de celle-ci, un écartement de 50 Cm prévue pour la circulation de l'air à l'intérieur de la meule, un système de 12 événements pour permettre la sortie des fumées.

Pour le chargement de la meule, des supports ont été fixé au sol pour ne pas permettre le contact direct du bois avec le sol. Les déchets de bois obtenus sont disposés de manière perpendiculaire au support du sol.



Figure : Ecartement de 50 Cm des chevrons

- **Carbonisation et défournement**

La carbonisation commencera ici par l'allumage de la meule. Ainsi pour allumer la meule, il a été déterminé la direction ou le sens de déplacement du vent en levant la main vers le haut pour pouvoir permettre la circulation de la flamme à l'intérieur du four. Le tirage se fera de manière direct c'est-à-dire permettre la circulation des fumée dans toute la surface de la meule avant leur ressortie vers la cheminée et événements.



Figure : Défournement de la meule

- **Vente en gros (aux grossistes) par sac et en prix de demi-gros aux semi-grossistes**

Le charbon se vendra sur place (au lieu de production) pour éviter les dépenses liées au transport de la marchandise et si possible l'évacuer en accord avec les revendeurs des métropoles de Yaoundé et Douala ; ce qui aura comme prévenu dans la politique du prix, un impact sur le prix de vente. Ainsi, tous nos clients viendront prendre leurs commandes avec leurs propres moyens de locomotion (camions, camionnettes...)

- **Planification de la production du charbon**

La planification de la production a été faite sur le court, moyen et sur le long terme. Il a été question d'évaluer la production journalière, hebdomadaire, mensuelle, annuelle et sur 16 mois qui est la durée maximale de carbonisation des rebuts autorisée par l'Etat Camerounais. L'évaluation de la quantité de charbon produite en fonction de la quantité de matière première consommée :

- Estimée la durée totale carbonisation par meule ;
- Evaluée la consommation en matière première et la capacité de production de chaque meule sur toute la période de carbonisation autorisée (16 mois) ;
- Evalué, en utilisant la quantité totale de déchets initiale, la quantité totale de bois consommée par 4 meules pendant les 16 mois d'activité, le temps qu'il faudra à la société SABM pour pouvoir carboniser la totalité des déchets estimée en amont ;

❖ **Etude du marché et évaluation financière du projet**

- **Etude du marché**

Dans cette partie, il a été question : de caractériser les intervenants de ce secteur d'activité (ceux qui d'une façon ou d'une autre sont concernées ou intéressées par le charbon), de cibler la part de marché idéale d'établir une politique commerciale et identifier les concurrents locaux (qui sont t'ils ? où sont-ils localisés par rapport à notre future activité et quels sont les prix qu'ils pratiquent ?). La collecte des données pour cette partie de l'étude a consisté en une enquête auprès :

- De la Délégation Régionale des forêts et de la faune du Centre, de la Délégation départementale des forêts et de la faune de la Haute Sanaga ; plus précisément auprès du responsable du service de la promotion et de la transformation des produits forestiers afin d'obtenir une éventuelle base de données sur l'activité de carbonisation ;
- Des populations avoisinantes de Pela notamment dans l'Arrondissement de Nangaeboko pour mieux localiser et décrire le mode opératoire de la concurrence (voir fiche de collecte de données y relative à l'annexe 4) ;
- Des commerçants et des producteurs d'origines diverses (Nord, Centre, Littoral et Sud) dans l'optique de connaître les prix pratiqués concurrence (voir fiche de collecte de données y relative à l'annexe 3).

Dans la recherche des producteurs de charbon, les principaux enquêtés étaient des employés de sociétés d'exploitation et ou de transformation, les chefs de villages et biens d'autres personnes ayant pu être rencontrées. Concernant les prix des sacs de charbons pratiqués, les producteurs de charbon, les commerçants sont les personnes privilégiées lors de l'enquête. Pour des Régions éloignées du Centre telles que le Sud, Le Littoral ou le Nord, les informations sollicitées ont été obtenues par personne interposée.

- **Evaluation financière du projet**

Ici, il était question de mettre en évidence la méthode utilisée pour : obtenir les coûts du matériel de production de charbon, recruter et rémunérer le personnel de ce secteur d'activité, le coût du financement global de l'activité. Pour ce faire, il a fallu :

- Etablir une liste de matériel indispensable à la carbonisation et procéder à une enquête pour obtenir les prix des articles. Cette enquête a été menée dans la ville de Nangaeboko notamment dans les quincailleries (Samuel et Fils Sarl)
- Identifier : les postes, les compétences, les effectifs et les salaires des acteurs qui constitueront l'équipe de carbonisation. Les salaires ont été fixés en référence à la documentation consultée et la complexité de la tâche à réaliser.
- Chiffrer le financement global de l'activité en faisant la somme de toutes les dépenses relatives à l'activité (charges prévisionnelles, coût du matériel de travail).

❖ **Analyse des Forces, des Faiblesses, des Opportunités et des Menaces envisageables dans le cadre de ce projet (analyse FFOM)**

L'analyse FFOM est un outil d'aide à la décision. Il est question à ce niveau de déterminer les facilités et les entraves identifiables dans le cadre de la réalisation du projet. Cette analyse prend en compte l'aspect social, économique et bien évidemment l'aspect environnemental. Pour pouvoir le faire, une observation de l'activité de carbonisation à la meule réalisé à Belabo et environ. Dans l'ensemble, il a été question d'observer et de se projeter dans la future production de charbon.

3.2. Paramètres étudiés

3.2.1. Type de déchet

Le type de déchet de bois sera collecté en fonction de chaque poste de la transformation :

- Les dosses
- Les délignures
- Les éboutures

3.2.2. Volume de déchets

Pour déterminer le volume de déchets, il a été tout d'abord question d'évaluer le volume de chaque billon entrant à la scie de tête en prenant les paramètres de la longueur (L), diamètre petit bout (D_g) et le diamètre fin bout (D_f) voir fiche de collecte des données annexe.

Selon la norme Camerounaise, le volume d'une bille :

$$V = \pi (D_m)^2 L / 4$$
 avec D_m le diamètre moyen en m

Volume du billon en m^3

L la longueur du courson en m

Le volume sortant qui correspond à la somme des volumes des débités obtenus

$$V_D = (L \times l \times e)n$$
 avec Longueur des débités en m

l : largeur des débités en m

e : épaisseur des débités en mm

n : nombre de colis

V_D : volume des débités en m^3

$$\text{Le volume de déchet} = \text{volume de billons entrée usine} - \text{volume de débité en } m^3$$

Pour l'analyse statique la formule du coefficient de corrélation r a été utilisée

$$r = \frac{1}{N} \frac{\sum (x_i - x)(y_i - y)}{\sigma_x \times \sigma_y}$$

Avec r : le coefficient de corrélation, N : l'effectif de l'échantillon concerné, x_i : volume entrant de l'essence concerné, \bar{x} : la moyenne des volumes entrant des essences, y_i : volume sortant de l'essence concerné, \bar{y} : moyenne des volumes sortant des essences, σ_x : écart type de x et σ_y : écart type de y

3.3. Analyse et traitement des données

Des corrélations et des régressions ont été établies entre le volume de bois entrant et le volume de bois sortant. Le test de student a été utilisé pour vérifier si le volume de bois sortant dépend du volume de bois entrant à un seuil de probabilité de 5%. Le logiciel graph pad 4.2 pour l'analyse statistique des variables (x : volume entrant et y : le volume sortant). Le logiciel de cartographie

dénoté ARC GIS 3.3 a permis de présenter la zone d'étude. Le Microsoft Excel 2016 a été utilisé pour répondre à tous besoins de calcul et d'estimation qui s'est fait sentir.

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1. Caractérisation et évaluation du volume des sous-produits de l'UTB

4.1.1. Caractérisation des sous-produits

Le diagramme de la figure 11 présente la répartition des sous-produits de transformation par rapport au volume brut de bois transformé.

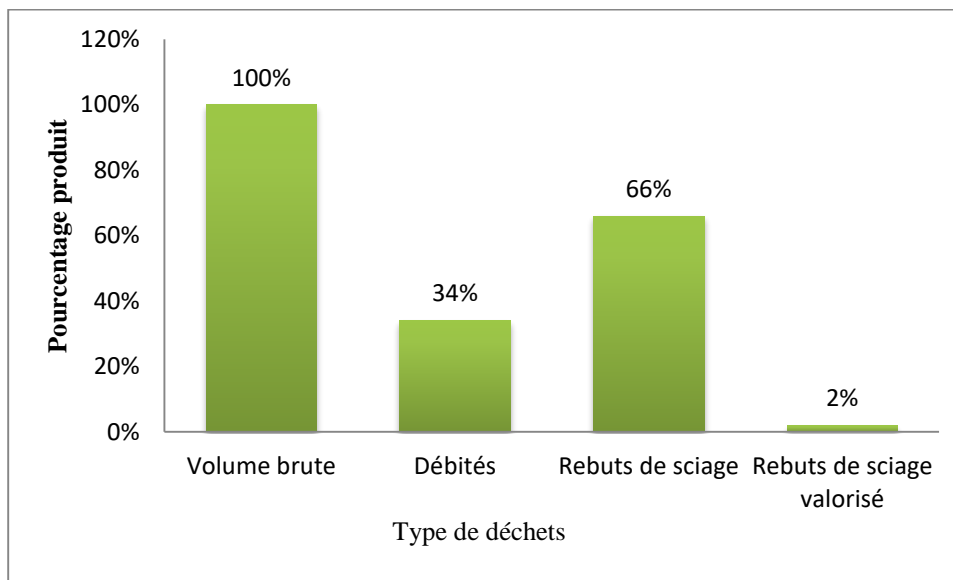


Figure 11 : Répartition des sous-produits de transformation de l'UTB (SABM Mars 2020)

D'après ce diagramme, l'UTB produit dans l'ensemble des déchets jusqu'à 64% et seulement 2% est actuellement valorisé au sein de la structure pour la production de la chaleur nécessaire au séchage des avivés. Ce taux est supérieur aux affirmations de Bary-Lenger et al (1999) qui le situe entre 40 et 60%.

4.1.2. Volume de déchets obtenus

4.1.2.1. Volume entrant et volume sortant

Le volume entrant ici correspond au volume des coursions cubés selon la norme Camerounaise et entrant à la scie de tête, le volume sortant correspond au volume des débités obtenus à la fin de la transformation et cubé par la suite. 1060 coursions entrant à la scie ont été enregistré pour la transformation et les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 5.

Tableau 5: Volume de transformation des billons en débités

Essences	Nombre de Coursons	Volume entrant (m³)	Volume sortant (m³)	Sous-produit bois (%)
Dibetou	177	329,360	98,900	30,02
Ayous	66	506,290	213,470	42,16
Padouk	120	791,980	211,270	26,67
Iroko	120	477,860	150,700	31,53
Movingui	168	958,250	354,410	36,98
Sapelli	18	92,250	32,370	35,08
Bilinga	45	145,640	53	36,39
Moabi	13	46,310	17,100	36,92
Assamela	77	445,460	143,900	32,30
Fraké	256	935,930	357,940	38,24
Total	1060	4729,330	1633,060	34,53

D'après ce tableau, le Fraké avec un volume entrant de **935,930 m³** on a un volume sortant de **357,940 m³** le reste étant considérés comme des sous-produits (Déchets) et le Moabi ayant la plus petite valeur avec un volume entrant de **46,310 m³** pour un volume sortant de **17,100 m³**. On constate donc à travers cette différence de perte qu'il y'a une quantité de déchet à mettre en valeur.

4.1.2.2. Droite de régression et coefficient de corrélation du volume entrant et le volume sortant

La figure 12 représente la droite de régression et ses nuages de point. De cette analyse, il en ressort que la corrélation est parfaitement positive entre le volume des grumes et celui des débités car le coefficient de corrélation $r \approx +1$.

- x : représente le volume des grumes (entrant) ;

- Y : représente le volume de débités (sortant) ; La droite de

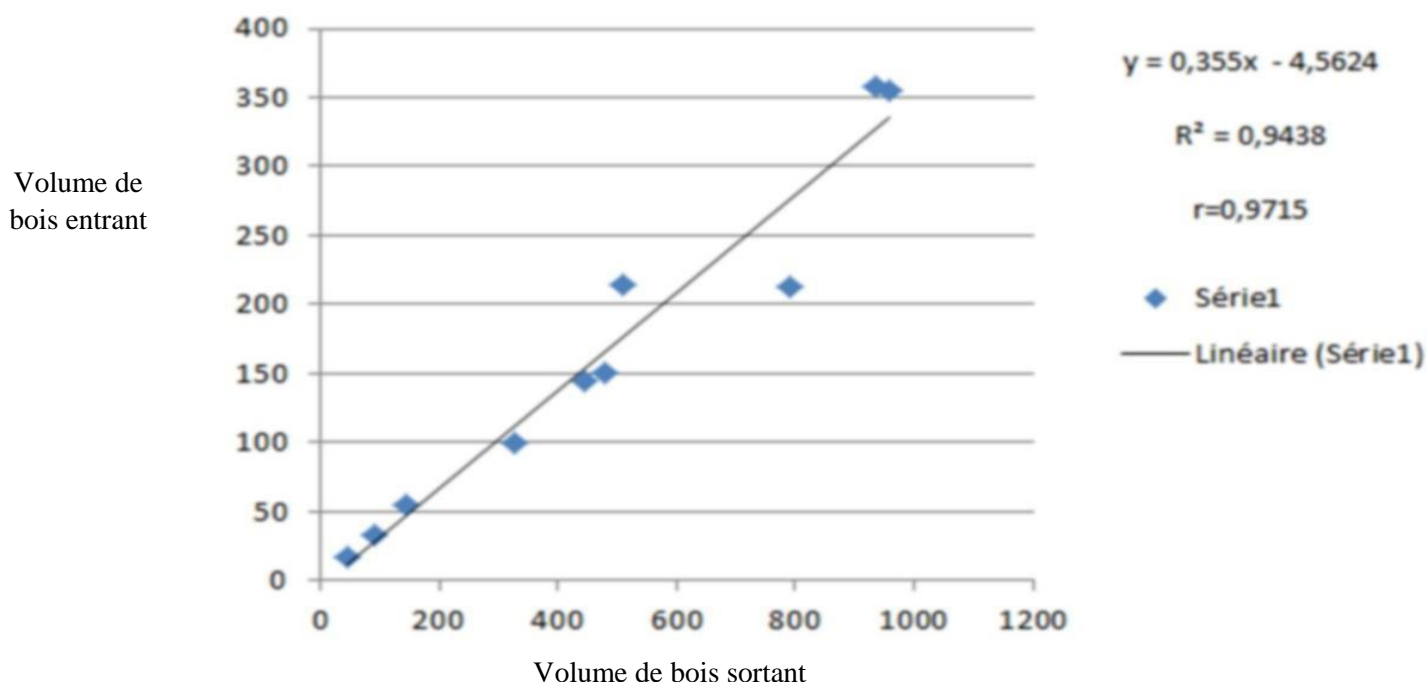


Figure 12: Représentation graphique de la droite de régression

On parlera d'une vraie forte association entre les deux variables X et Y car $r > 0,7$ et $T_{ob} > T_{ab}$ ainsi, la corrélation est statistiquement significative. En d'autres termes le volume des déchets ou produits connexes dépend du volume du bois entrant et plus loin de l'essence à scier.

Cette corrélation est différente de celle que présente les travaux de Tiemo (2015) qui a présenté ses résultats sur le l'optimisation du rendement matière éloigné des résultats obtenus. Cela est la conséquence du matériel utilisé où la prise en compte du pied à coulisse par rapport au mètre à ruban pour mesurer les épaisseurs des débités pour plus de précision.

4.1.2.3. Estimation du volume de déchet

A partir des deux volumes déterminés plus haut, la quantité de déchets évaluer lors de l'opération de sciage est constitué de sciures, dosses, délignures et éboutures. Le tableau 6 donne un aperçu du volume de déchet. Il en ressort que : une perte de la matière considérable par essence et l'abondance des produits connexes du bois occupant un pourcentage de **65,46%** sur un rendement matière de **34,53%**. Le volume de déchet y afférent étant de **3096,270 m³** par rapport au volume de courson qui entre à la scie de tête, de la sort un volume de débité de **1633 m³**. Ce qui nécessite un apport sur la valorisation de ces résidus de sciage pour apporter une plus-value à l'entreprise.

Tableau 6: Déchets produit par essence après transformation

essences	Volume entrant (m ³)	Volume sortant (m ³)	Volume de déchets (m ³)
Dibetou	329,360	98,900	230,460
Wengue	506,290	213,470	292,820
Padouk	791,980	211,270	580,710
Iroko	477,860	150,700	327,160
Movingui	958,250	354,410	603,840
Sapelli	92,250	32,370	59,880
Bilinga	145,640	53	92,640
Moabi	46,310	17,100	29,210
Assamela	445,460	143,900	301,560
Fraké	935,930	357,940	577,990
Total	4729,330	1633,060	3096,270

Le rendement de cette production étant de 34,53% ce résultat est en accord avec ceux de Berneau (2005) qui a montré dans son ouvrage sciage des bois tropicaux enjeux et perspectives que le rendement au sciage des bois tropicaux est comprise entre 30 et 40% et la cause est due aux défauts que peuvent posséder certaines essences.

4.2. Essais de carbonisation pour la production du charbon à l'aide des sous-produits de sciage

4.2.1. Identification des essences pour le test

Pour mettre en œuvre le projet, deux essences ont été choisi pour l'échantillonnage, le tableau 6 suivant donne les caractéristiques de ces essences et leur densité.

Tableau 7 : Essence choisi pour le test

Essences	Propriétés mécaniques	Propriétés physiques (densité)
wengue	Bonne résistance à la flexion	0,90
Dibetou	Moyenne résistance à la flexion	0,53

Les résultats du tableau 6 montrent que les essences choisies possèdent une densité variable. Le Wengue possède une densité de 0,90 et le Dibetou 0,53 celles-ci fait dont une particularité sur le mélange entre essences de forte densité et celle de moyenne densité. Résultat sont différent de celle de Rabesandratana (2004) qui a mis un accent sur les essences uniquement de forte densité.

4.2.2. Etude du positionnement et aménagement du lieu de carbonisation

Après observation et disponibilité de la matière première, le site où le test a été effectué possède les caractéristiques suivantes

- Zone encore non exploité couverte de verdure ;
- Sol aride ;
- Représentation floristique et faunique faible ;
- Disponibilité d'un point d'eau proche.

Les caractéristiques ainsi prédéterminé sont similaire à celle mise en place par Rabesandratana (2014) pour les bonnes pratiques de la carbonisation à Madagascar.

4.2.3. Montage de la meule

Le tableau ci-dessous donne les dimensions des différents constituants entrant dans la confection de la meule : les planches pour le coffrage, écartement des chevrons, longueur des piquets, nombre d'évent, coté de la meule.

Tableau 8 : Différents caractéristiques de la meule

Constituants	caractéristiques
Planches pour coffrage	Fonction de la longueur d'un coté
Ecartement des chevrons	50 Cm
Longueur des piquets	1,5 m
Nombre d'évent	12
Longueur d'un coté de section carré	3m

D'après ce tableau, la surface de la meule de section carrée est de 9 m², résultat qui est différent de Rabesandratana (2014) qui situe la surface d'une meule à 4,5 m².

4.2.4. Chargement de la meule

La figure ci-dessous présente la disposition des rebuts de sciage, il en ressort que le type de déchet pris en compte ici sont les Dosses, ceci sont disposés de manière perpendiculaire au support fixé au sol.



Figure 13 : chargement de la meule

Ce résultat est en accord avec Ziyack au Cameroun qui dispose tout d'abord les petites particules de bois en début de classement pour permettre la transmission de la flamme dans le four.

4.2.5. Production de charbon obtenu à partir de l'échantillonnage

La consommation en bois et la production de charbon sont contenues dans le tableau 8 ci-dessus. Il en ressort d'après ce tableau, une meule avec une contenance 3500 Kg de bois une production de 1800 Kg de charbon ont été produit sur une période de 6 jours.

Tableau 9 : Capacité de production de l'échantillon

Essences	Quantité de bois Kg	Production de charbon Kg	Durée (jours)
Wengue	2500	1800	6
Dibetou	1000		

Ces résultats sont différents de Rabesandratana (2014) qui pour une meule bien réalisée et monté, le rendement fourni 8 sac de 50 Kg par rapport au résultat obtenu qui est de 36 sacs pour une contenance de 50 Kg soit une production de 1800 Kg.



Figure 14: Sacs de charbon obtenu

4.2.6. Récapitulatif des différentes phases à mettre en place pour le projet

Le tableau 7 ci-dessous donne les différentes phases détaillées et la durée de réalisation de chaque phase de la carbonisation proposée. Il en ressort que les étapes de cette technique vont de la construction du lieu de stockage au transport vers le lieu de stockage, la durée de cette production est de 44 jours et les taches qui nécessitent plus d'effort vont jusqu'à 7 jours et 1 jour pour celle nécessitant moins d'effort.

Tableau 10 : Phase de la carbonisation en fonction de la durée

Etapes	Description	Durée
Construction du lieu de stockage	Pour stocker le charbon et le matériel de travail proche de la base vie des ouvriers pour plus de sécurité.	7 jours
Etude du positionnement et aménagement du lieu de carbonisation	Le site de carbonisation doit être aménagé au préalable et disposé à proximité de terre meuble ou de sable pour boucher les entrées d'air du four pendant le fonctionnement	7 jours
Montage des meules (coffrage, cheminée, événements, piquets)	Dimensionner la meule sous forme rectangulaire de surface maximum 6m ²	7 jours
Transport du lieu de sciage au lieu de carbonisation	Les résidus de bois seront transportés par un camion	1 jour
Chargement de la meule	Disposer les résidus dans la meule dans le sens de la longueur	3 jours
carbonisation	A la fin du chargement des meules, celles si sont recouverts avec des résidus de sciure avant de procéder à l'allumage	7 jours
Défournement	A la fin de la carbonisation, l'eau sera versée progressivement dans la meule avant d'extraire le charbon	7 jours
Ensachage	Chargé le charbon dans des sacs de 100 kg en fonction de la grosseur de celle-ci	3 jours
Transport du lieu d'implantation des meules au lieu de stockage	Stocker le charbon produit afin de le mettre à l'abri des pluies.	1 jour
total		44 jours

D'après ce tableau, il en ressort que pour l'ensemble du processus, la carbonisation se tiendra sur 44 jours, résultat qui diffère de celui de KENFACK qui situe l'ensemble de son projet sur 30 jours.

4.2.6. Planification de la production de charbon sur le court, moyen et long terme

Cette partie traite de l'étude de faisabilité technique et apporte des éléments complémentaires à l'organisation et à la production du charbon proprement dite. Commençons par présenter le personnel ou équipe de carbonisation.

4.2.6.1. Proposition de l'équipe de carbonisation

Cette équipe a été proposée en fonction des constats et des postes que peut occuper chaque ouvrier dans le processus de production de charbon. L'équipe de carbonisation ainsi proposé est représenté dans le tableau 11 ci-dessous. Il en ressort de ce tableau les postes, effectifs, les compétences et les salaires de base du personnel à recruter pour le lancement de ce secteur d'activité. Pour un début de production l'équipe est constituée de 7 personnes. Le recrutement du personnel privilégiera les autochtones pour minimiser les dépenses liées au logement et les déplacements.

Tableau 11: Equipe de Carbonisation en fonction des taches et salaire du personnel

Postes	Effectif	Tâches	Compétences	Salaires (FCFA)
Chef de production	01	Contrôler et coordonner les activités de production de charbon et de commercialisation	Gestion du personnel	100000
Technicien Charbonnier	02	Classer le bois dans le four et suivre pendant la durée de carbonisation	Identification des essences de bois. Bonne maîtrise de la carbonisation par meule améliorée	80000
Manœuvre	04	Entasser, porter, classer le bois et approvisionner le charbonnier pendant le chargement. Défourner et charger les sacs	Force physique et bonne attitude comportementale	50000

Ce résultat obtenu de 7 ouvriers est différent de ceux obtenu par TSIDIE (2015) qui a 5 ouvriers pour l'équipe cette différence s'explique par le technique utilisé, lui qui avait travaillé sur la technique de carbonisation par four métallique qui réduit l'effort à fournir et moins de personne.

4.2.6.2. Proposition du planning de travail

Le tableau 9 ci-dessous présente l'approche retenue sur le planning de travail. Il en ressort que pour ce projet, les activités vont de l'identification des essences à carboniser jusqu'au défournement ensachage et stockage du charbon, ceci correspondant à une période déterminée en fonction des

acteurs intervenant dans le processus de carbonisation. Ainsi ces périodes sont déterminées après le passage en scierie jusqu'au défournement.

Tableau 12 : Approche méthodologique en fonction des activités et acteurs

Activités	Période	Acteurs	Matériel et méthode
Identification des essences à carboniser	Après le passage en scierie	Coordonnateur Le technicien charbonnier	Fiche de collecte
Emplacement des meules de carbonisation	01 mois après la collecte des rebus de sciage	Coordonnateur Technicien charbonnier	Camion Machettes Mètres ruban
Carbonisation	Quelques jours après le montage de la meule et le classement des bois	Coordonnateur Techniciens charbonniers manœuvres	Planche pour coffrage, chevron, tube métallique pour cheminé machettes et autres outils de carbonisation.
Défournement ensachage et stockage	Après refroidissement de la meule	Coordonnateur Manœuvres	Pelle Brouette Tridents Sacs pour l'ensachage

4.3. Etude du marché et évaluation financière du projet

4.3.1. Etude du marché

4.3.1.1. Eléments motivants le choix du marché cible

Le tableau 13 ci-dessous représente les maillons de la filière charbon et les acteurs intervenants lors de la commercialisation du charbon. Il en ressort de ce tableau deux maillon de la filière : les intermédiaires constitués des courtiers, les transporteurs et les grossistes et les consommateurs regroupant les chaudières des scieries, boulangeries artisanales, artisans, restaurants, ménages, prisons et vendeurs de poisson exerçant de fonction différente.

Tableau 13: Acteurs directs intervenants lors de la commercialisation du charbon

Maillon de la filière charbon	Catégories d'acteur	Fonction
Intermédiaires	Courtiers	Relais entre les producteurs de charbon et acheteurs semi-grossistes et grossistes
	Transporteurs	Transport du charbon auprès des revendeurs semi-grossistes et grossistes
	Grossistes	Vente du charbon en gros
Consommateurs	Chaudière de scieries	Séchage du bois
	Boulangeries artisanales	Cuisson du pain et autres
	Artisans	Fonte des métaux et autres
	Restaurant de taille moyenne	Cuisson des repas
	Ménages	Cuisson des repas
	Prisons	Cuisson des aliments
	Pêcheurs et vendeurs de poisson fumé	Fumage du poisson

4.3.1.2. Description de l'analyse concurrentielle

Comme concurrents dans le département de la haute Sanaga, Nous avons pu identifier les producteurs provenant de la structure PM, mais cette production n'étant pas coordonné, ni hiérarchisé fait l'objet de nombreux manquements. La commercialisation de leur charbon se limite dans les villes de Nangaeboko et la métropole de Yaoundé. Les prix pratiqués par ces derniers sont les mêmes ; 3000 F CFA/sac de charbon de 100 kg de capacité et si le client est concerné individuellement, sans ce sac de 100 Kg le prix le revient à 3500 FCFA/sac.

4.3.1.3. Politique du produit

Le tableau 14 ci-dessous présente la densité et les noms commerciaux et scientifiques des différentes essences qui seront carbonisées, ainsi que leurs densités respectives. Il en ressort de ce tableau que les densités de ces essences sont comprises entre 0,53 et 0,90. Le Wengue est l'essence présentant la plus grande densité avec 0,90 et la plus faible le Dibetou 0,53.

Tableau 14: liste des essences concernées par la carbonisation

Noms commerciale	Noms scientifique	Densité
Wengue	<i>Melletia lorenti</i>	0,90
Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0,79
Dibetou	<i>Lovoa trichilioides</i>	0,53
Iroko	<i>Chlorophora excelsa</i>	0,75
Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i>	0,85
Movingui	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	0,75
Bilinga	<i>Nauclea diderrichchii</i>	0,76

Le charbon de bois mise dans le marché selon les exigences des consommateurs doit être réalisé à partir des essences de forte densité et un mélange à celles de moyenne densité pour faciliter la propagation de la chaleur à l'intérieur de la meule. Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux de Bernaud 2005 qui lors de son procédé de carbonisation a privilégié uniquement les essences de forte densité.

4.3.1.4. Prix du sac de charbon dans quelques villes du Cameroun

Le tableau 15 ci-après montre les différentes villes de production du charbon dans quelque ville du Cameroun. Il en ressort que ces prix varient entre 3000FCFA et 10000FCFA. La ville où il coûte plus chère est Maroua dans l'Extrême Nord du Cameroun et 3000FCFA à Djoum et Sangmélina.

Tableau 15: Prix du sac de charbon en fonction de la capacité du dans quelques villes du Cameroun

Villes (Région)	Prix du charbon en FCFA	Capacité du sac
YAOUNDE (CENTRE)	4500-5500	50 kg
DJOUM ET SANGMELIMA (SUD)	3 000	100 kg
DOUALA (LITTORAL)	6000	50 kg
EBOLOWA (SUD)	3000-3200	100 kg
KAELE (NORD)	7000- 8000	50 Kg
YAGOUA(NORD)	7000- 8000	50 Kg
MAROUA (EXTREME- NORD)	10 000	50 kg

Cette différence de prix peut s'expliquer par la situation géographique desdites villes Sangmelima et Djoum situé dans une zone forestière facilite la production et rend plus bas le prix du charbon par contre Maroua est situé dans une zone septentrionale rend l'accès au charbon plus difficile.

Partant de ces constatations et de l'évaluation du coût de la production de charbon, le prix du sac de charbon de 100 kg de contenance à 3000 FCFA.

4.3.1.5. Estimation de la consommation totale en bois et de la production totale de charbon

Le tableau 16 présente la consommation totale en bois et de production de charbon. Il en ressort de ce tableau que partant d'une meule sur une période de 6 jours une quantité de 3,5 tonne de bois peuvent être carbonisé pour obtenir 1,2 tonne de charbon. En prolongeant la production sur 16 mois à 4 meules, 10752 tonnes de bois carbonisé produira 5529,600 tonne de charbon sur le long terme.

Tableau 16 : Estimation de la consommation totale en bois et de production totale de charbon

Caractéristiques	Nombres de meule et durée de production				
	1 Meule 1 semaine	4 Meules 1 semaine	4 Meules 1 mois	4 meules 1 an	4 meules 16 mois
Quantité de bois en Kg	3500	14000	56000	672000	10752000
Quantité de bois en t	3,5	14	56	672	10752
Durée en jour	6	6	24	288	384
Production du charbon en Kg	1800	7200	28800	345600	5529600
Production du charbon en tonne	1,2	7,2	28,800	345,600	5529,600
Production en sac de 50 Kg	36	144	576	6912	110592

Sur une période de 16 mois, la production de charbon pourra produire 5529,600 tonnes de charbon, un résultat différent de KENFACK sur la capacité de production estimé à 6455 tonnes de charbon sur le long terme.

4.3.2. Evaluation du financement global de l'activité

4.3.2.1. Cout d'investissement du projet de carbonisation

Le tableau 17 ci-dessous rassemble tous les matériaux qui vont entrer dans la production. Leurs caractéristiques et leurs coûts ont été recensés. Ce tableau fait l'état de lieu des matériaux pour lequel besoin sera ressenti lors du procédé production de charbon. Un montant forfaitaire a également été prévu pour la construction du hangar de stockage de charbon. Il en ressort de façon global que les besoins seront estimés à une somme de 715500F CFA pour lancer l'activité.

Tableau 17 : Coût de l'investissement du projet

Matériels	Nombre	caractéristique/ Usages	Prix unitaire en FCFA	Prix total en FCFA
BROUETTES	3	Matériaux de transports de produits divers	20000	60000
PELLES	4	Instruments utilisés pour ramasser, charger et projeter pour recouvrir la meule	3000	12000
Tridents	3	Instruments de defournement	3500	10500
SCEAUX DE 10L	9	Instruments de ramassage, et de transport d'eau	2000	18000
EPI	10	Equipements de protection individuelle	10000	100000
Sac vide	500	Emballages	300	150000
Machettes	5	Découpages divers	3000	15000
Frais de construction du hangar de stockage			300000	
Frais de transport du matériel			50000	
TOTAL INVESTISSEMENT			715500	

3.1.1. Charges exploitation du projet de carbonisation

La prévision sur les charges d'exploitation de l'activité durant la période de 16 mois (durée maximale de pratique de l'activité selon le décret portant valorisation des déchets de sciage par la carbonisation) sont représentés dans le tableau 15. Il en ressort de ce tableau que la somme totale de ces charge est fixé à 7860000 FCFA incluant les salaires du personnel sur une période de 16 mois.

Tableau 18: Charge d'exploitation du projet

			Coût unitaire	
Désignation	Nombre de personnes	Durée (mois)	(FCFA)	Coût total (FCFA)
SALAIRE				
Chef de production	1	16	100 000	1 600 000
Technicien de carbonisation	2	16	80 000	2 560 000
Manœuvres	4	16	50 000	3 200 000
Total				7 360 000
INTRANTS				
Charges imprévus				500 000
Total				300 000
TOTAL GENERALE				7 860 000

4.4. Analyse FFOM et stratégie d'impact environnementale

4.4.1. Analyse FFOM

Les forces, les faiblesses, les opportunités et enfin les menaces de notre projet sont consignées et relevées dans le tableau 16 faisant partie intégrante du projet.

Tableau 19 : Analyse FFOM du projet

FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité abondante et gratuite de la matière première (résidus de d'exploitation). • SABM est enregistré en qualité de transformateur de bois. • Disponibilité d'un camion plateau • Abondance des populations sans travail 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de personnel formé à la carbonisation semi-industrielle. • Condition climatique pas très favorable • Petitesse des moyens de transport
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> • Formation rapide des populations autochtones à la carbonisation par meule améliorée • Emploi temporel de certains membres de la communauté riveraine et amélioration de leurs conditions de vie • Possibilité de production importante et régulière. • Secteur d'activité faiblement prisé dans la zone. 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de feu de brousse si les sites de carbonisation ne sont pas convenablement dégagés. • Risque d'intoxication des employés en contact constant avec le charbon de bois. • Risque de routes saisonnièrement praticables.

4.4.2. Stratégie de gestion d'impact environnementale

L'analyse FFOM a permis de mettre à la lumière toutes menaces, risques et faiblesses éventuellement enregistrables dans le cadre de la réalisation du projet. Ceci dit, la meilleure stratégie que nous utiliserons pour lutter contre les risques et impacts négatifs est l'anticipation sur le danger. Autrement dit, accroître la vigilance pour éviter d'avoir à corriger quoique ce soit. Il s'agit donc de :

- ✓ Dégager convenablement les sites de carbonisation au fur et à mesure qu'on avance pour éviter d'éventuels feux de brousses.
- ✓ Prévoir des équipements de protection individuels pour tous les employés intervenants dans ce secteur d'activité ainsi qu'une boîte à pharmacie
- ✓ Se rassurer que la route reste praticable grâce à l'intervention des engins lourds de l'exploitation forestière.
- ✓ Embaucher temporairement/définitivement un employé expérimenté en carbonisation par la meule améliorée qui servira de formateur pour les autres membres de l'équipe de carbonisation.
- ✓ Tenir compte du transport dans l'établissement des prix du charbon de bois afin d'équilibrer les dépenses liées au transport.

4.3.3. Analyse des impacts socio-environnementaux du projet

4.3.3.1. Impacts négatifs

- ✓ Pollution aérienne provoquée par la propagation de la poussière et des débris dans l'air
- ✓ Pollution aérienne provoquée par le dégagement des fumées toxiques et augmentation de l'effet de serre
- ✓ Risque destruction de la structure des sols par la carbonisation
- ✓ Fragmentation des habitats et perturbation des mouvements de la faune terrestre
- ✓ Fragilisation de l'état de santé des producteurs et vendeurs suite aux travaux pénibles liés à la production et la vente du charbon

4.3.3.2. Impacts positifs

- Impacts socioéconomiques liés à la consommation du charbon

Pour la société SABM, la production et la commercialisation du charbon de bois améliorera les revenus de la société et par conséquent, les conditions des travailleurs de la société en général. L'usage du bois énergie comme combustible au niveau des boulangeries et autres ralentit le recours aux produits en hydrocarbures qui sont importés et très chers. Il permet aux familles de créer de nouveaux emplois dans le domaine de la carbonisation.

- Impacts environnementaux

Très importants, notons ici que le charbon de bois pollue beaucoup moins que le bois de feu ou les déchets végétaux. Il permet d'économiser du bois aisément dans un milieu faible en humidité, réduisant significativement la coupe de bois. Il s'en suit une atténuation des effets causés par le déboisement sur l'environnement.

Discussion

L'ensemble des sous-produits de transformation représente en moyenne 66% du volume brut. Ce taux est supérieur aux affirmations de Bary-Lenger *et al* (1999) qui le situe entre 40 et 60%. Les travaux effectués sur l'estimation du volume entrée scierie et le volume sortant montre un rendement à la production de 34,53%, ce qui est en accord avec Berneau qui le place entre 30 et 40%, ceci peut s'expliquer par les défauts que peuvent contenir certaines essences comme le Padouk possédant des troués et de l'Ayous avec ses contreforts imposantes et pourritures. Les travaux de Tiemo (2015) sur l'optimisation du rendement matière conclu que la droite de régression et coefficient de corrélation ne sont pas significatif car ce coefficient est inférieur à 0,7 par rapport à celle déterminé dans les travaux ceci est la cause de la prise en compte du pied à coulisse par ce dernier pour la prise des mesures de l'épaisseur des débités.

D'après Rabensandratana, (2004) les essences concernées pour la carbonisation doivent être un assemblage des essences de forte et de moyenne densité ceci pour répondre aux exigences de qualité, ce qui cadre avec le choix porté sur les essences telque le Wengue et Padouk avec leur densité respective de 0,90 et 0,53 nécessaire pour l'essai de carbonisation mise en place en vue de la production dudit charbon. L'étude du positionnement et le lieu de carbonisation dépendent d'un nombre de caractéristiques qui vont tout droit dans les observations de Rabensandratana effectué à Madagascar.

La surface de carbonisation dimensionné ici pour l'essai prend en compte plusieurs paramètres sur section carré de 3m ce qui lui confère une surface de 9m² ce qui est différent de celle trouvé par Rabensandratana (2004) estimé à 6m² ce qui s'explique par la forme de sa surface géométriquement circulaire. La bonne qualification du technicien à la production du charbon par meule améliorée permet d'avoir une grande production soit 1800 Kg de charbon obtenu. Rabensandratana à Madagascar montre une production de 8 sacs de 50Kg de charbon avec une surface de 6m² ce qui diffère avec les résultats obtenu donc 36 sacs de charbon pour une contenance de 50Kg ceci suite à l'étendu de la surface de production

Dans l'ensemble, les différentes phases de production pour notre technique par meule amélioré se situe à 44 jours ce qui n'est en accord avec les travaux de KENFACK au Cameroun ayant travaillé sur la faisabilité d'une meule par four métallique à 30 jours, cette différence provient de la technique utilisé.

Pour le lancement de l'activité, l'évaluation financière montre qu'il faudra regrouper des fonds à hauteur de 715500 FCFA différent de 8555000 FCFA évalué par KENFANCK (2015) car les deux technologies mise en évidence ici sont différentes celle dite par meule améliorée et four métallique.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSION

Parvenu au terme de l'étude donc l'objectif global était de faire une récupération maximale de la matière ligneuse (déchets) issue du sciage par une étude de faisabilité d'installation d'une usine de carbonisation de l'unité de transformation SABM au sein de la société SABM à Pela.

Pour cela, trois types de déchet ont été identifiés : les dosses, les délignures et les eboutures. Les volumes de déchet de bois générés à cet effet sont estimés à 3096,270 m³ pour une production 1633,060 m³ de débité ce qui donne un rendement de 34,53% sur la production.

Ces déchets ainsi quantifiés, le processus de l'étude technique de carbonisation a permis de mettre en œuvre la technique de la carbonisation par meule améliorée en définissant les phases de sa production qui vont de la préparation du lieu de carbonisation jusqu'à la l'ensachage du charbon obtenu. Une étude du marché a montré que la production du charbon est en plein essor dans l'étendue du territoire, mais l'offre reste encore inférieure à la demande surtout dans les grandes métropoles de Yaoundé et Douala et les populations du Nord Cameroun. Face donc à ces exigences et pour mieux pallier à la concurrence le prix de 50 kg de charbon a été fixé à 3000FCFA.

- ✓ Sur le long terme, la production de charbon au sein de l'unité de la SABM pourra générer des entrées dans leur caisse et permettre une voie de valorisation de plus pour leur résidu de sciage, sur une période de 16 mois, 4 meules de carbonisation pourront engendrer 5529,600 t de charbon pour 110592 sacs de 50 Kg. L'outil d'analyse, de prise de décision FFOM a montré comme force la disponibilité de la matière, comme faiblesse le manque de personne qualifiée sur la technique de production du charbon par meule améliorée, comme opportunité la création des emplois pour les populations locales réduisant ainsi le taux de chômage et comme menace la destruction du sol des sites de carbonisation. De cette analyse découle une stratégie de gestion d'impact environnemental permettant de tirer les avantages et des inconvénients sur l'activité. On peut citer entre autre l'augmentation du coût de production les revenus de l'entreprise pour ce qui est de l'avantage, la pollution aérienne provoquée par la propagation de la poussière et des débris dans l'air pour ne citer cela comme inconvénient.

RECOMMANDATIONS

Cette partie vas tout droit à la direction de la SABM qui au lieu de stocker les déchets issue de la scierie et de le bruler, Elle pourra augmenter les moyens de valorisation de ces derniers. Ainsi elle pourra :

- Installer une cellule de valorisation des déchets de bois issus de la scierie afin d'avoir moins de perte sur le revenu d'une grume entré en scierie
- Encourager les populations locales de Pela à la production de charbon par meule améliorer et leur formation par des techniciens du domaine
- Résoudre le problème d'électrification de la localité et de leur entreprise qui utilise encore des groupes électrogènes consommant beaucoup de carburant. Pour cela, mener une étude pour mettre en place un système de cogénération qui utilisera une fois de plus ces déchets pour la production simultanée de deux forme d'énergie : l'énergie électrique et l'énergie thermique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Babou, N. (1986), Carbonisation du bois et de la tourbe en four métallique transportable : analyse du produit final, Physico- chimiste du bois, Mémoire de confirmation de chercheur à l'ISRA, Institut Sénégalaise des recherches Agricoles, 80p

Badea, A. (2009), annals series on engineering sciences-valorisation energetique de la biomasse

Berneau, (2005), rapport sur le sciage des bois tropicaux : enjeux et perspective, 60p

Corriveau, G. (2012), Guide pratique pour étudier la faisabilité de projets, 2p.

Ducenne, H. (2001), l'amélioration de la carbonisation dans les zones d'interventions, Rapport de l'agence énergie p 15

Déglise, X. (1982), Les conversions thermochimiques du bois. Revue Forestière Française. XXXIV (4) : 249-270. 32p.

Emaleu, C. A. (2018), Alternative au bois-énergie : valorisation des déchets pour la fabrication des briquettes combustibles,

FAO, (2016), « Etat des lieux du secteur bois-énergie ». 131p.

FAO, (2003), Code régional d'exploitation forestière à faible impact dans les forêts denses tropicales humides d'Afrique centrale et de l'ouest. Rome. 152p.

GIRAD (2003). Rapport sur la valorisation énergétique des sous-produits de scierie en Afrique Centrale, 18 p.

GREB (Groupe de recherches écologiques de La Baie), (2012), « Inventaire des biomasses lignocellulosiques pour fins de combustion au Saguenay–Lac-Saint-Jean ». Rapport réalisé pour la Conférence régionale des élus (CRÉ) du Saguenay–Lac-Saint-Jean. 60p

GTZ. (2006), « Tests de cuisine comparés : charbon de bois et biocharbon, agglomération par « rotor press ». Deux liants : l'argile et la farine ». Sénégal : Promotion de l'Electrification Rurale et de l'approvisionnement durable en combustibles domestiques.

INNOVATECH ASBL, (2016), En quoi consiste l'étude de faisabilité de votre projet technologique ? conseil, 2p

Kenfack, (2015), mémoire : etude de faisabilité d'une unité de carbonisation par four métallique

Mfouapon, P. D. E. (2007), « Etude de faisabilité d'une unité de production de charbon vert », pp. 1-2.

MINFOF, (1994), Loi N°94/01 du 20 janvier 1994 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche 24p. République du Cameroun.

MINFOF, (2015), Décision N°0188/D/MINFOF/SG/DPT/SDTB du 06 Mai 2015, fixant les modalités de valorisation des rebuts de l'exploitation forestière 3p. République du Cameroun.

MINAT, (2005), le recensement du Cameroun incomplet

Loi N°96/12 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement

Schenkel, Y., Bertaux, P., Vanwijnsberghe, S. et Carré, J., (1996). Une évaluation de la technique de carbonisation en meule, étude menées à la faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux en Belgique (1997) incomplet

Valbiom, (2004), Dossier réalisé par ValBiom pour le compte de la Région wallonne, filière bois énergie 58p

Taty, P. (2012), : Mémoire contribution à la co-élaboration d'un plan simple de gestion a vocation de production de bois-énergie dans un finage villageois : cas du village Mabaya, département du pool, république du Congo, 80p

Rabesandratana, A. T, (2004), Contribution des contrats gélose bois énergie dans l'amélioration des techniques d'exploitation du bois énergie dans la région du boina ,CIRAD,

Razafinjara, A. L. (2014), Bonnes pratiques de carbonisation à Madagascar. CIRAD

Richard, B. (2005), Mémoire : Sciage des bois tropicaux : enjeux et perspectives 81p

SABM, (2008) description du plan d'aménagement de l'UFA 08001 revoir dans le texte !!

SABM, (2019), service de la cartographie

Schenkel et al, (1997), une évaluation de la technique de carbonisation en meule incomplet

SNI (Societe Nationale d'Investissement), (2006), Canevas d'étude de faisabilité de projet, 7p

PDEM, (2001), Rapport sur les techniques et méthodes sur la carbonisation, 20p

Temmerman, M., (2013), Le combustible bio terre et l'impact environnemental de l'utilisation des résidus agricoles en substitution au charbon.

Tiemo, (2013) mémoire sur l'optimisation du rendement matière en scierie : cas de la SIBM, 74p

Tiffany, P. et Petersen, S.D. (2005) « Business plan pour les nuls » First Editions, Country

Lejeune, J. (1989), « C'est une méthode améliorée de production de charbon à base de la biomasse agricole ou forestière (1989) » Edition, volume 1, 50p

EPNGI (Elaboration du plan national de gestion intégré). (2013) site [http:// ewondo.overblog.com/article](http://ewondo.overblog.com/article)

Ziyack, (2009), mémoire: conception et réalisation d'une meule améliorée

ANNEXES

REPUBLICQUE DU CAMEROUN <i>Paix – Travail – Patrie</i> MINISTERE DES FORETS ET DE LA FAUNE SECRETARIAT GENERAL DIRECTION DE LA PROMOTION ET DE LA TRANSFORMATION DES PRODUITS FORESTIERS		REPUBLIC OF CAMEROON <i>Peace-Work-Fatherland</i> MINISTRY OF FORESTRY AND WILDLIFE SECRETARIAT GENERAL DEPARTMENT OF PROMOTION AND PROCESSING OF FOREST PRODUCTS
 DECISION N° _____ /D/MINFOF/SG/DPT/SDTS du 10 6 MAI 2015 .		
Fixant les modalités de valorisation des rebuts de l'exploitation forestière.		
LE MINISTRE DES FORETS ET DE LA FAUNE		

- Vu la Constitution ;
Vu l'Accord de Partenariat Volontaire signé entre l'Union Européenne et la République du Cameroun, sur l'application des réglementations forestières, la gouvernance et les échanges commerciaux des bois et produits dérivés vers l'Union Européenne (FLEGT), du 06 octobre 2010 ;
Vu la Loi n° 94/01 du 20 janvier 1994 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche ;
Vu le Décret n° 95/531/PM du 23 août 1995 fixant les modalités d'application du régime des forêts ;
Vu le Décret n° 2005/99 du 06 avril 2005 portant organisation du Ministère des Forêts et de la Faune, modifié et complété par le Décret n° 2005/495 du 31 Décembre 2005 ;
Vu le Décret n° 2011/408 du 09 décembre 2011 portant organisation du Gouvernement ;
Vu le Décret n° 2011/410 du 09 décembre 2011 portant formation du Gouvernement ;

Considérant les nécessités de service,

DECIDE :

Article 1^{er} :

La présente Décision fixe les modalités de valorisation des rebuts de l'exploitation forestière issus des concessions forestières, des forêts communales et des ventes de coupe.

Article 2 :

- (1) Sont considérés comme rebuts de l'exploitation forestière, les restes de bois sur chantier, présentant des défauts rédhitoires, découlant de l'abattage et/ou du façonnage d'arbres autorisés à l'exploitation, abattus et enregistrés sur DF 10.
- (2) Ne font pas partie des rebuts susvisés, les bois ou restes de bois non enregistrés sur DF 10, et leur transformation *in situ* et/ou récupération est passible de sanction (s), conformément à la réglementation en vigueur.
- (3) Les rebuts de l'exploitation forestière sont constitués de coursions, billons, branches et/ou débris divers.

Article 3 :

La valorisation des rebuts de l'exploitation forestière est effectuée par transformation *in situ* et/ou *ex-situ*, durant la période de validité du titre concerné.

Article 4 :

- (1) La transformation *in situ* des rebuts de l'exploitation forestière s'effectue dans les assiettes de coupe en activité, au pied des arbres concernés et/ou dans les parcs à bois (parcs forêt) desdites assiettes, numérotés conformément à la réglementation en vigueur.
- (2) Les matériels et équipements utilisés dans ladite transformation sont de types légers.

Article 5 :

- (1) Les produits issus de la valorisation des rebuts de l'exploitation forestière sont destinés au marché local.
- (2) Toutefois, le Ministre chargé des forêts peut autoriser l'exportation à titre spécial, des produits ne trouvant pas de débouchés sur le marché local.
- (3) L'enregistrement et le transport des rebuts d'exploitation et de leurs dérivés se font à l'aide de documents sécurisés appropriés.

Article 6 :

- (1) La valorisation des rebuts de l'exploitation forestière peut être effectuée sur autorisation du Ministre chargé des forêts à l'attributaire du titre concerné et/ou à toute autre personne physique ou morale détentrice d'un Certificat d'Enregistrement en Qualité de Transformateur de Bois.
- (2) L'autorisation de valorisation des rebuts de l'exploitation forestière est délivrée sur la demande du requérant et précise à son bénéficiaire, les lieux d'exercice de cette valorisation ainsi que les clauses générales et spécifiques relatives à ladite activité.
- (3) Le Ministre chargé des forêts peut, lorsque s'impose la récupération des produits forestiers concernés, ou dans le cas d'un projet expérimental, délivrer une autorisation de valorisation en régie des rebuts de l'exploitation forestière.

Article 7 :

- (1) Le dossier de demande d'autorisation de valorisation des rebuts d'exploitation forestière, adressé au Ministre chargé des forêts, est constitué ainsi qu'il suit :
 - une demande timbrée, précisant le nom et l'adresse du requérant, l'objet, les références du titre d'exploitation visé, ainsi que le lieu envisagé pour ladite valorisation ;
 - un dossier administratif et fiscal (registre de commerce, patente, carte de contribuable, situation fiscale) ;
 - une copie du Certificat d'Enregistrement en Qualité de Transformateur de Bois (CEQTB) ;
 - une copie du Certificat Annuel d'Exploitation (CAE) ou du Permis Annuel d'Opération (PAO) du titre visé, de l'exercice en cours.
- (2) Lorsque le requérant n'est pas l'attributaire du titre concerné, un contrat notarié de partenariat ou de sous-traitance, signé avec l'attributaire du titre devra être joint, assorti d'une lettre d'approbation dudit contrat par le Ministre chargé des forêts.

Article 8 :

- (1) les titulaires d'autorisations de valorisation des rebuts de l'exploitation forestière sont tenus de se conformer à la réglementation en vigueur, notamment, au respect des prescriptions des plans d'aménagement ou de gestion des titres concernés, ainsi que de celles relatives aux normes d'intervention en milieu forestier.
- (2) Le Ministre chargé des forêts peut, en tant que de besoin, instruire des missions de contrôle/ suivi des activités de prélèvement, de transformation, de transport ou de commercialisation des rebuts de l'exploitation forestière et de leurs produits dérivés.

Article 9 :

- (1) La valorisation des rebuts de l'exploitation forestière est assujettie au paiement des taxes en vigueur en matière de fiscalité générale.
- (2) Cette valorisation est exemptée du paiement de la redevance forestière annuelle. Les taxes forestières applicables en cette matière seront définies/fixées en collaboration avec les Administrations compétentes, sur la base des résultats de la phase d'expérimentation de cette activité, prévue pour une durée maximale de seize (16) mois.

PO

Article 10 :

- (1) Les contrevenants aux dispositions susmentionnées seront sanctionnés conformément à la réglementation en vigueur.
- (2) La présente Décision ne s'applique pas à la transformation in situ des bois issus des ventes aux enchères publiques.

Article 11 :

La présente Décision sera enregistrée et publiée partout où besoin sera.

**LE MINISTRE DES FORETS
ET DE LA FAUNE**

COPIES:

- SETAT
- MINFI/DGI/PSRF
- SG/MINFOF
- DPT, DF
- DR FOF et DD FOF
- GFBC
- Affichage
- CHRONO
- Archives.



Annexe 2:Fiche de collecte des données en scierie

Essence (Billon)	Quantité	D_g	D_f	L (longueur)	Volume billon	Volume débité	Volume de déchet
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Annexe 3: Fiche d'enquête sur la commercialisation du charbon dans quelques villes du Cameroun

Ville	Prix	Contenance du sac	Consommateurs

Annexe 4: Fiche d'enquête des producteurs de charbon dans la localité

Etablissement	Localité	Lieu d'approvisionnement	Matériels et techniques utilisées	Quantité produite	clients	Contenance	Coût

Annexe 5: Chronogramme des activités

Semaines	Activités
Mois de mars et début Avril 2020	
semaine 1	Prise de contact avec les dirigeants de la SABM
Semaine 2	Revue documentaires
Semaine 3 , 4 et 5	Descente en scierie et identification des différents déchets à chaque poste de la transformation et compilation des données par la suite
Suite du Mois d'Avril 2020	
Semaine 6, 7 et 8	Etude du marché Collecte des différentes enquêtes
Semaine 9	Compilation des données d'enquête et analyse
Mois de Mai 2020	
Semaine 10, 11	Etude d'implantation du site de carbonisation
Semaine 12, 13	Identification des paramètres et outils technique pour le montage des meules de carbonisation
Mois de juin 2020	
Semaine 14, 15, 16, 17	Rédaction du mémoire et relecture
Du 08 au 15 juillet 2020 soutenance publique au sein de l'établissement	

Annexe 6 : qualité du charbon après défournement



Annexe 7 : suivie du processus de carbonisation



Annexe 8 : Création des événements



Events

Annexe 9 : Espace de 50 Cm entre les chevrons le sol pour circulation de l'air

