

Etude de la disponibilité de quelques résidus de biomasse en vue de leur transformation en biochar: cas de la ville de Ngaoundéré (Cameroun)

HASSANA Boukar^{1*}, MBAWALA Augustin², NGASSOUM Martin², IBRAHIMA Adamou³,

¹ Institut Universitaire de Technologie (IUT), B.P. 454 Ngaoundéré, Cameroun, ² ENSAI (Ecole Nationale Supérieure des sciences Agro-Alimentaires (ENSAI), B.P. 454 Ngaoundéré, Cameroun. ³ Faculté des Sciences, B.P. 455 Ngaoundéré, Cameroun.

*Corresponding Author: hassanaboukar65@gmail.com

Abstract- The transformation of biomass residues into biochar can add value to this type of waste. An exhaustive survey of all the holders of residues coupled with weighings was carried out in the city of Ngaoundere in order to estimate the existing and available quantities of some biomass residues. It appears that the city of Ngaoundere has 34 active sawmills; 80 millers and 101 «billi-billi»'s cabarets in activity in 2016. There are two major types of residues in the city, namely sawdust and agro-food residues. The sawdust residues come from three main species, namely Ayous; Sapelli and Iroko. The main agro-food residues are corn bran and sorghum distillers. Of the total daily sawdust production of the entire town of Ngaoundere (231±72 kg), 189 ± 57 kg are released for Ajous; 25±10 kg for Sapelli and 16±5 kg for Iroko. Sawdust is either sold (2%); either gratuitously offers (6%) or sent to landfills (92%). The proportion conveyed in the landfill, which represents the available fraction, makes it possible to estimate the amount of sawdust available at 118±57 kg. As for corn bran, the daily quantity is 4,798±250kg and only 40,5±4kg is available. The survey reveals that the quantity of 779±33kg, only 15.20±3 kg of sorghum distillers is available for a possible production of biochar. Both agro-food residues are much more sold as feed. The city of Ngaoundere can mobilize large quantities of residues particular sawdust for the production of biochar.

Keywords- Biomass residues, Biochar, availability, Ngaoundere; Cameroun.

Résumé- La transformation des résidus de biomasse en biochar peut apporter une valeur ajoutée à ce type de déchet. Une enquête exhaustive auprès de tous les détenteurs de résidus couplée à des pesées a été effectuée dans la ville de Ngaoundéré en vue d'estimer les

quantités existante et disponible. Il en ressort que la ville de Ngaoundéré dispose de 34 scieries; 80 meuneries et 101 cabarets de «billi-billi» en activité en 2016. Deux grands types de résidus sont présents en grande quantité dans la ville, à savoir des résidus provenant de scierie et des résidus agro-alimentaires. Les résidus de scierie sont issus de trois principale essences, à savoir l'Ayous; le Sapelli et l'Iroko. Les principaux résidus agro-alimentaires sont le son de maïs et la drêche de sorgho. De la production totale journalière de sciure de toute la ville de Ngaoundéré (231±72 kg) se dégagent 189±57 kg pour l'Ajous; 25±10 kg pour le Sapelli et 16±5 kg pour l'Iroko. Les sciures sont soit vendus (2%); soit cédés gratuitement (6%), soit acheminés dans les décharges (92%). La proportion acheminée dans les décharge, qui représente de facto la fraction disponible permet d'estimer la quantité de sciure disponible à 118±57 kg. Quant au son de maïs, la quantité journalière est de 4 798±250kg et seulement une quantité de 40,5±4 kg est disponible. L'enquête révèle que la quantité de 779±33kg, seule 15,20±3 kg de drêche de sorgho est disponible pour une éventuelle production de biochar. Les deux résidus agro-alimentaires sont beaucoup plus vendus pour servir de provende. La ville de Ngaoundéré peut mobiliser des quantités importantes de résidus surtout la sciure pour la production du biochar.

Mots clés- Résidus de biomasse, Biochar, disponibilité, Ngaoundéré, Cameroun.

I. INTRODUCTION

Pour fabriquer un produit, la disponibilité en quantité suffisante de la matière première est une condition essentielle. L'approvisionnement en matière première pour fabriquer un produit fini a été toujours une préoccupation dans toute stratégie de production. La matière première doit être abondante et surtout bon marché ou même gratuite comme cela peut être le

cas pour les déchets pour que l'on puisse réduire les coûts de production.

Depuis la découverte des terres noires fertiles dénommées «*Terra preta*» dues à l'incorporation du biochar dans les sols en Amazonie [1; 2], la communauté scientifique continue à s'intéresser à l'impact que peut avoir le biochar sur les propriétés des sols [3-7]. Le biochar est largement utilisé dans la remédiation des sols pollués à divers polluants [8; 9; 10]. D'autres utilisations du biochar ont été effectuées dans le traitement des eaux usées [11; 12].

Le biochar est obtenu par pyrolyse de la plupart de type de biomasse [13-18]. Cependant les recommandations de «*European Biochar Initiative*», la source d'approvisionnement en biomasse ne doit pas être à plus d'une trentaine de kilomètres du lieu de la production du biochar si l'on veut réduire l'impact environnemental d'une telle initiative [19].

En Afrique centrale, aucune étude n'a été effectuée sur la potentialité de cette partie de l'Afrique à la production en Biochar. Duku et al. [20] ont estimé les potentialités du Ghana dans la production du biochar. Il en est de même pour Gwenzi et al. [21] qui ont estimé la potentialité de l'Afrique australe à produire du biochar. La présente étude vise à estimer la disponibilité des quelques résidus de biomasse de la ville de Ngaoundéré (Cameroun) dans l'optique de produire du biochar en quantité. Des enquêtes auprès

des producteurs peuvent permettre d'évaluer la potentialité de cette ville à fournir des grandes quantités de différents types de biomasse pour une transformation en biochar.

II. MATERIEL ET METHODES

II.A. Matériel

II.A.1. Site d'étude

Chef-lieu de la région de l'Adamaoua, Ngaoundéré se situe sur le plateau de l'Adamaoua. Ce plateau d'une surface d'environ 2500 km² est situé entre 7°03' et 7°32' de latitude Nord et entre 13°20' et 13°54' de longitude Est. La population est estimée à 183 551 habitants en 2015 [22]. C'est un carrefour important du commerce régional puisque c'est un passage obligé du transport routier entre les villes du sud et celles du nord du Cameroun. Les camions transportant entre autre des volumes importants de bois de sciage font un arrêt à Ngaoundéré soit pour alimenter la ville en ce type de marchandise ou pour conditionner ce bois en certains autres types de sciage (exemple le bastaing) en unité de sciage plus petit (chevrons ou lattes). Ce conditionnement engendre une production de sciure [22; 23]. L'étude s'est déroulée essentiellement dans les trois arrondissements et la cinquantaine de quartiers de la ville de Ngaoundéré. La zone péri-urbaine de la ville n'a pas été prise en compte.

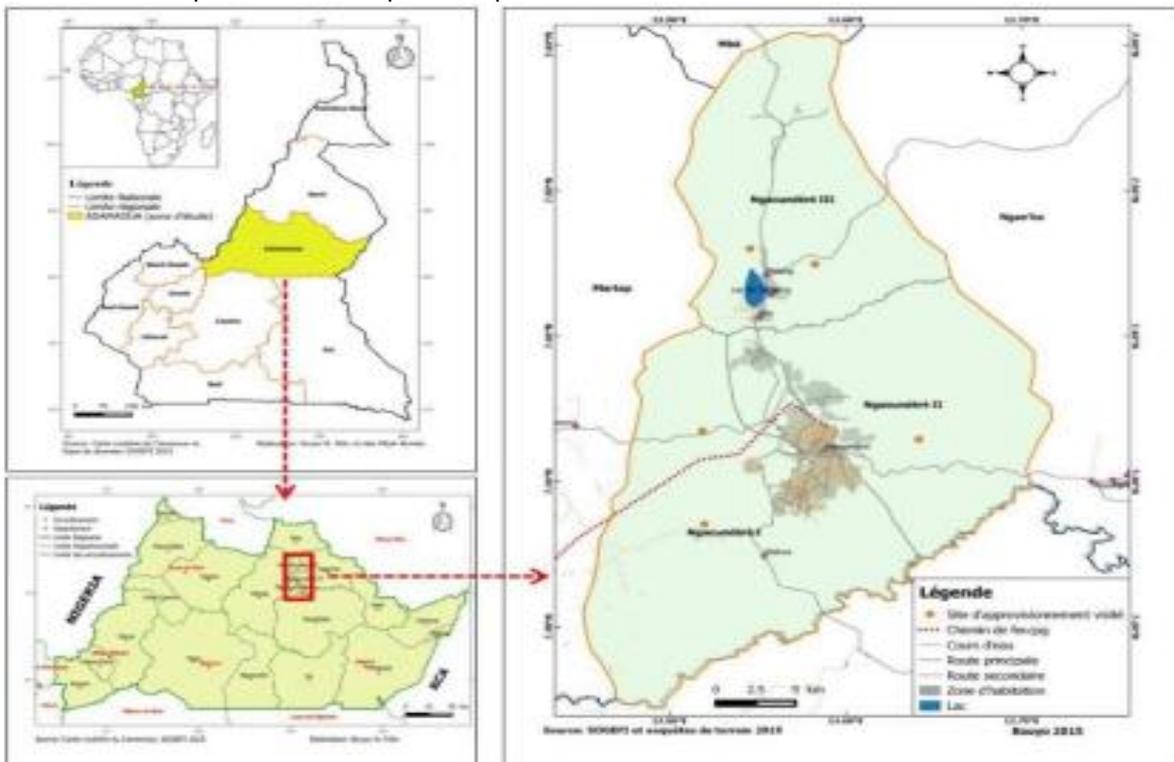


Figure 1: Localisation de Ngaoundéré [24]

Le caractère urbain s'établit très tôt avec l'arrivée massive des commerçants et artisans Bornouan et Haoussa [26]. Si en 1951, la ville ne comptait que 12 400 habitants [27], son évolution démographique est rapide et atteint environ 210 233 habitants selon le

recensement de 2001 [26]. La population est estimée à 305 395 habitants en 2015 [25]. Il se limite au Sud par le *Djerem* et au Nord par la falaise de Ngaoundéré. C'est un carrefour important du commerce régional puisque c'est un passage obligé

du transport routier entre les villes du sud du pays et les villes du nord. Les camions transportant entre autre des volumes importants de bois de sciage font un arrêt à Ngaoundéré soit pour alimenter la ville en ce type de marchandise ou pour conditionner certains types de sciage (exemple le bastaing) en unité de sciage plus petit (chevrons ou lattes). Ce conditionnement engendre une production en sciure [22; 23]. La consommation importante de farine de maïs et de bière à base de grain de sorgho occasionne une production de résidus tels que le son de maïs et la drêche de sorgho. L'étude s'est déroulée essentiellement dans les différents arrondissements et quartiers de la ville de Ngaoundéré. La zone péri-urbaine de la ville n'a pas été prise en compte.

II.A.2. Matériel biologique

Les résidus de biomasse qui ont fait l'objet de l'étude sont présentés dans le tableau 1 avec leur

provenance et leur nom scientifique associé. Les sciures qui constituent les résidus de scieries sont celle de trois essences. Les résidus agro-alimentaires étudiés dans cette étude furent le son de maïs et la drêche de sorgho.

Résidus de bois

Les résidus de bois étudiés furent les sciures. Les sciures de trois essences (*Ayous*, *Sapelli* et *Iroko*) ont été identifiées avant l'échantillonnage [28-30]. L'opération de délignage produit un matériau fin appelé sciure contrairement au copeau qui est grossier. Les sciures de bois sont obtenues lors de l'opération de délignage des différents débits de bois des essences respectives transportés depuis l'Est du Cameroun. Les photos regroupées sur la figure 2 présentent les sciures de trois essences de bois étudiées.

Tableau 1: Résidus de biomasse de l'étude

Résidus de biomasse	Provenance	Espèce	Nom scientifique
Sciure d' <i>Ayous</i>	Scierie	<i>Ayous</i>	<i>Triplochiton scleroxylon</i>
Sciure de <i>Sapelli</i>		<i>Sapelli</i>	<i>Entandrophragma cylindricum</i>
Sciure d' <i>Iroko</i>		<i>Iroko</i>	<i>Chlorophora excelsia</i>
Son de maïs	Meulerie	Maïs	<i>Zea mays</i>
Drêche de sorgho	Cabaret	sorgho	<i>Andropogon Sorghum</i>



Photo 1: Sciure d'*Ayous*



Photo 2: Sciure d'*Iroko*



Photo 3: Sciure de *Sapelli*

Figure 2: Sciures d'essences utilisées



Photo 4 : Son de maïs



Photo 5 : Drêche de Sorgho

Figure 3: Résidus agro-alimentaires

L'Ayous de nom scientifique *Triplochiton scleroxylon*, se reconnaît par sa couleur de référence blanchâtre à jaune pâle et sa texture en grain moyen à grossier [31]. L'Iroko (*Entandrophragma cylindricum*) se reconnaît par sa couleur de référence brune jaune et sa texture en grain grossier (Photo 2). Quant au Sapelli (Photo 3) de nom scientifique *Chlorophora excelsia*, est reconnu par sa couleur de référence brune rouge à brun violacé sombre et sa texture en grain moyen à grossier [32].

Résidus agro-alimentaires

Les résidus agro-alimentaires étudiés furent le son de maïs et la drêche de sorgho.

Son de maïs

Ce sont les enveloppes plus moins celluloses obtenues après broyage des grains de maïs (*Zea mays*) suivi de leur blutage ou tamisage qui constitue le son de maïs (figure 3 ; Photo 4). Ils représentent 20% du poids des graines de maïs traités [33]. C'est dans les moulins de la ville de Ngaoundéré que les sons de maïs ont été obtenus.

Drêche de sorgho

La photo 5 de la figure 3 présente une vue de la drêche de Sorgho. Appelé communément sorgho rouge, *Andropogon Sorghum* est principalement utilisé comme céréale dans la cuisson des couscous et dans la production de bière artisanale «*Bili-bili*» dans une partie de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. Lors de la fabrication du «*Bili-bili*», 35% de grains de sorgho constitue les drêches [34]. Les échantillons de drêche de sorgho ont été obtenus dans les différents cabarets de la ville de Ngaoundéré.

II.B. Méthodes

II.B.1. Méthodes d'enquête et échantillonnage.

Les observations personnelles ont constitué la première étape pour le choix des différents substrats susceptibles d'être transformés en biochar. Les critères pour le choix de ces substrats sont l'abondance et l'accessibilité.

Les données de la littérature [22; 23] et celles obtenues lors des entretiens en phase préparatoire de l'étude sur le terrain auprès des communes et délégations ministérielles nous ont permis de bâtir un questionnaire structuré et de recenser toutes les unités de production de différents types de substrat. Afin d'évaluer la cohérence de l'enquête, ce questionnaire a été au préalable testé dans 10 unités de production des différents substrats. L'enquête a été exhaustive. Le questionnaire était administré face à face. Le questionnaire était structuré en quatre parties (Localisation, identification de l'exploitation, identification de l'exploitant, devenir du substrat). L'enquête s'est déroulée en deux étapes. La première étape étant l'interview a duré trois mois, de mars à mai. Elle a permis de connaître le fonctionnement de la filière. La seconde partie de l'enquête qui était axée

sur la des informations relatives aux quantités existantes des résidus et leurs devenir, a été étendue toute une année. Durant cette période et de façon hebdomadaire, nous avons procédé à la récupération des fiches remplies par les producteurs des résidus et au traitement des-dits fiches.

L'échantillonnage des différents substrats s'est déroulé dans les centres de production de la ville de Ngaoundéré. L'échantillonnage a été effectué suivant la méthode décrite par Mathieu et Pieltain [34].

II.B.2. Analyse des données.

Les informations collectées ont été saisies dans un logiciel spécialisé dans le traitement des questionnaires «*Sphinx Plus²*» Edition *Lexica V.5.1.0.7*. Ce logiciel nous a permis la réalisation du questionnaire, la saisie des réponses, ainsi que l'analyse des réponses. Le logiciel Statgraphics Centurion XV a été utilisé pour les analyses de variance des données obtenues.

II.B.3. Modes de calcul de l'obtention des quantités existante et disponible.

Cas de sciures de bois

L'estimation de la quantité de sciure a été effectuée à partir de la quantité de résidu généré par l'unité de débit présentant le plus petit volume. Dans les scieries, c'est à partir de deux unités de débit que sont les bastings et les chevrons que sont produites les lattes. Ce traitement génère le résidu appelé sciure. La quantification de la sciure générée par le basting ou le chevron a été obtenue à partir d'une balance de *Naval*, Chine. Nous avons pris soin de nettoyer l'espace de récupération avant de recueillir la quantité de sciure produite par une unité de débit. La quantité produite a été estimée à partir d'une moyenne de cinq mesures. Bien que le basting présente un volume plus élevé que le chevron, nous avons estimé la quantité de résidu à partir du chevron. Cette approche nous permet de prédire la quantité minimale produite. Si les menuisiers, lors des interviews, ont déclaré les quantités des bastings et chevrons sciés et selon les trois espèces (*Ayous*, *Sapelli* et *Iroko*), il n'en demeure pas moins que dans la pratique les sciures générées sont mélangées indépendamment des différentes espèces. Connaissant la proportion en pourcentage de chaque espèce, nous avons déduit la quantité de sciure produit selon chaque essence. La sciure produite est rassemblée et se présente sous forme de tas ou de dune dans les scieries. Cette quantité produite n'est pas disponible car une partie est cédée ou vendue. La quantité cédée ou vendue est empilée dans des sacs. La quantité cédée ou vendue a été estimée par la connaissance du poids d'un sac empilé de sciure. Une moyenne de cinq mesures nous a permis d'estimer le poids d'un sac de sciure. Une différenciation de la quantité selon les différentes espèces est obtenue à partir de la proportion en pourcentage de chaque espèce traitée. Cette information est obtenue après l'interview et est saisie comme réponse dans le questionnaire.

La quantité totale de sciure de bois (toutes les essences confondues) produite est calculée selon la formule suivante:

$$Q_{tot.j/sb} = Q_{usage} * F_{act} * \frac{N_{usage}}{N_{scieur}} * N_{tsieur} \quad (1)$$

Avec :
 $Q_{tot.j/sb}$: Quantité totale de sciure produite quotidiennement à Ngaoundéré ;
 Q_{usage} : Quantité moyenne de sciure produite par sciage par jour ;
 $N_{usage/scieur}$: Nombre moyen de sciage produit par jour ;
 N_{tsieur} : Nombre total de scieurs (ici 34).

Les quantités totales par type d'essence sont obtenues en tenant compte de proportion en pourcentage de chaque essence (Pr). Ainsi par exemple pour l'Ayous, l'équation suivante a été utilisée :

$$Q_{tot.j/Ay} = Q_{tot.j/sb} * Pr_{Ay} \quad (2)$$

$Q_{tot.j/Ay}$: Quantité totale de sciure produite quotidiennement à Ngaoundéré ;
 $Q_{tot.j/sb}$: Quantité totale de sciure produite quotidiennement à Ngaoundéré ;
 Pr_{Ay} : proportion de l'Ayous en pourcentage.

La quantité de sciure disponible (toutes les essences confondues) est calculée après soustraction des quantités vendues ou cédées gratuitement.

La quantité totale de sciure vendue est obtenue de la manière suivante :

$$Q_{tot.vendue/sb} = N_{sac.vend/sb} * P_{sac/sb} \quad (3)$$

Avec :
 $Q_{tot.vendue/sb}$: quantité de sciure vendue en kg ;
 $N_{sac.vend/sb}$: Nombre de sac vendu (sans unité) ;
 $P_{sac/sb}$: poids d'un sac en kg.

La quantité totale de sciure cédée gratuite est calculée selon la même approche :

$$Q_{tot.gratuit/sb} = N_{sac.gratuit/sb} * P_{sac/sb} \quad (4)$$

Avec :
 $Q_{tot.gratuit/sb}$: quantité de sciure vendue en kg ;
 $N_{sac.gratuit/sb}$: Nombre de sac vendu (sans unité) ;
 $P_{sac/sb}$: poids d'un sac en kg.

La quantité de sciure disponible (toutes les essences confondues) est donc :

$$Q_{dispo/sb} = Q_{tot.j/sb} - Q_{tot.vend/sb} - Q_{tot.gratuit/sb} \quad (5)$$

Avec :
 $Q_{dispo/sb}$: quantité journalière de sciure disponible en kg ;
 $Q_{tot.j/sb}$: Quantité totale de sciure produite par jour en kg ;
 $Q_{tot.vend/sb}$: Quantité journalière de sciure vendue en kg.
 $Q_{tot.gratuit/sb}$: Quantité journalière de sciure cédée gratuitement en kg.

Les quantités de sciure par essence sont obtenues en affectant à la quantité totale disponible

la proportion respective de l'essence. A titre d'exemple :

Pour l'Ayous :

$$Q_{disp/ayous} = Q_{dispo/sb} * Pr_{ayous} \quad (6)$$

$Q_{disp/ayous}$: quantité journalière de sciure d'Ayous disponible en kg ;
 $Q_{dispo/sb}$: Quantité totale de sciure disponible par jour en kg ;
 Pr_{ayous} : Proportion d'Ayous en %.

Cas du son de maïs

Les meuniers travaillent avec comme unité de mesure de son de maïs le sac. C'est dans les sacs que sont remplis les sons de maïs pour la vente. Nous avons pesé au hasard cinq sacs prêts à l'achat et avons obtenu une moyenne avec un écart type pour juger de la variation.

La quantité totale de son de maïs produite en journée dans la ville de Ngaoundéré est calculée selon la formule suivante :

$$Q_{tot.j/sm} = N_{sac/meunier} * P_{sac/sm} \quad (7)$$

Avec : $Q_{tot.j/sm}$: Quantité totale de son de maïs produite quotidiennement à Ngaoundéré ;
 $N_{sac/meunier}$: Nombre moyen de sacs de maïs produit par un meunier et par jour ;
 P_{sac} : Poids d'un sac de son de maïs.

La quantité totale de son de maïs vendue est obtenue de la manière suivante :

$$Q_{tot.vendue/sm} = N_{sac.vend/sm} * P_{sac/sm} \quad (8)$$

Avec :
 $Q_{tot.vendue/sm}$: quantité de son de maïs vendue en kg ;
 $N_{sac.vend/sm}$: Nombre de sac vendu (sans unité) ;
 $P_{sac/sm}$: poids d'un sac en kg.

La quantité totale de son de maïs cédée gratuite est calculée selon la même approche :

$$Q_{tot.gratuit/sm} = N_{sac.gratuit/sm} * P_{sac/sm} \quad (9)$$

Avec :
 $Q_{tot.gratuit/sm}$: quantité de son de maïs vendue en kg ;
 $N_{sac.gratuit/sm}$: Nombre de sac vendu (sans unité) ;
 $P_{sac/sm}$: poids d'un sac en kg.

La quantité de son de maïs disponible est donc :

$$Q_{dispo/sm} = Q_{tot.j/sm} - Q_{tot.vend/sm} - Q_{tot.gratuit/sm} \quad (10)$$

Avec :
 $Q_{dispo/sm}$: quantité journalière de son de maïs disponible en kg ;
 $Q_{tot.j/sm}$: Quantité totale de son de maïs produite par jour en kg ;
 $Q_{tot.vend/sm}$: Quantité journalière de son de maïs vendue en kg.
 $Q_{tot.gratuit/sm}$: Quantité journalière de son de maïs cédée gratuitement en kg.

Cas de la drêche de sorgho.

Dans les cabarets, les productrices de «*Bili-bili*» estiment la quantité de drêche de sorgho à l'aide d'une tasse appelé «kora». Afin d'estimer la quantité de drêche produite dans la ville et la quantité disponible, nous avons, à partir de cinq pesés, obtenu le poids moyen de cet type de tasse.

La quantité totale de drêche de sorgho produite est donc :

$$Q_{totj/ds} = N_{sac/pdbil} * P_{sac/ds} \quad (11)$$

$Q_{totj/ds}$: Quantité totale de drêche de sorgho produite quotidiennement à Ngaoundéré ;

$N_{sac/pdbil}$: Nombre moyen de sacs drêche de sorgho produit par une productrice de «*Bil-bil*» et par jour ;

$P_{sac/ds}$: Poids d'un sac de son de maïs.

La quantité totale de son de maïs vendue est obtenue de la manière suivante :

$$Q_{tot.vendue/sm} = N_{sac.vend/sm} * P_{sac/sm} \quad (12)$$

Avec :

$Q_{tot.vendue/sm}$: quantité de son de maïs vendue en kg ;

$N_{sac.vend/sm}$: Nombre de sac vendu (sans unité) ;

$P_{sac/sm}$: poids d'un sac en kg.

La quantité totale de son de maïs cédée gratuite est calculée selon la même approche :

$$Q_{tot.gratuit/sm} = N_{sac.gratuit/sm} * P_{sac/sm} \quad (14)$$

Avec :

$Q_{tot.gratuit/sm}$: quantité de son de maïs vendue en kg ;

$N_{sac.gratuit/sm}$: Nombre de sac vendu (sans unité) ;

$P_{sac/sm}$: poids d'un sac en kg.

La quantité de son de maïs disponible est donc :

$$Q_{dispo/sm} = Q_{totj/sm} - Q_{tot.vend/sm} - Q_{tot.gratuit/sm} \quad (15)$$

Avec :

$Q_{dispo/sm}$: quantité journalière de son de maïs disponible en kg ;

$Q_{totj/sm}$: Quantité totale de son de maïs produite par jour en kg ;

$Q_{tot.vend/sm}$: Quantité journalière de son de maïs vendue en kg ;

$Q_{tot.gratuit/sm}$: Quantité journalière de son de maïs cédée gratuitement en kg.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.A. Localisation et profil des producteurs

III.A.1. Localisation des producteurs

Le tableau 2 présente les différents producteurs de résidus de biomasse repartis par arrondissement et par quartier de la ville de Ngaoundéré. L'enquête exhaustive, révèle que Ngaoundéré dispose de 214 producteurs. Du tableau 1, il ressort que la répartition des producteurs de résidus est inégalement répartie dans la ville car l'on rencontre des zones à forte concentration. Ainsi, Ngaoundéré II regorge de 30 producteurs de sciure de bois; Ngaoundéré I pour la drêche de sorgho (45 producteurs) et toujours à Ngaoundéré I pour le son de maïs (38 producteurs). Cette inégalement répartition peut s'expliquer par l'inégale répartition de la population dans cette ville selon les trois arrondissements. Ce constat d'inégale répartition se répercute aussi au niveau des quartiers. Des quartiers peuplés comme «*Joli Soir*» regorge d'un nombre important de production de sciure (26 producteurs) et de producteurs de drêche de sorgho (22 producteurs). Un autre quartier peuplé («*Mbamyanga*») se révèle comme un grand centre dans la production de son de maïs (22 producteurs).

Tableau 2: Répartition des producteurs par type de résidu, quartier et Arrondissement.

Résidu	Quartier	Effectif	Arrondissement	Effectif	Total
Sciure de bois	Champ de prière	2	Ngaoundéré I	3	34
	Sabongari	1			
	Joli soir	26	Ngaoundéré II	30	
	Bantai	4			
	Manwi	1	Ngaoundéré III	1	
Drêche de Sorgho	Socaret	18	Ngaoundéré I	45	101
	Burkina	11			
	Mbamyanga	6			
	Gambara	5			
	Mbideng	3			
	Norvégien	2			
	Joli soir	22	Ngaoundéré II	32	
	Onaref	8	Ngaoundéré III	24	
	Dang	16			
	Gada Mabanga	8			
	Son de maïs	Socaret	3	Ngaoundéré I	
Burkina		7			
Mbamyanga		22			
Mbideng		3			
Jérusalem		2			
Djackbol		1			
Joli Soir		11	Ngaoundéré II	28	
Sabongari		8			
Onaref		6			
Petit Marché		2			
Bali		1	Ngaoundéré III	14	
Dang		6			
Gada Mabanga		6			
Djalingo		2			
TOTAL					214

Tableau 3: Quantité journalière de sciure produit selon les différents types d'essence.

Type d'essence	Nombre de sciage	Proportion [%]	Quantité de sciure générée* [kg]
Ayous	945±288	81,88	189±57
Sapelli	127±52	11,01	25±10
Iroko	82±25	7,11	16±5
Total	1154±365	100	231±72

* Quantité de sciure générée=Nombre de sciage x quantité de sciure par sciage (ici 0,2±0,01kg)

III.A.2. Profil des producteurs de différents types de substrats

Profil des producteurs.

Le traitement du bois est une activité exercée en totalité par les hommes. Les moyennes d'âge de ceux qui exercent cette activité est de 39±6 ans. Plus de 61% des personnes interviewées n'ont pas visité un établissement secondaire. Aucun n'a visité un établissement du supérieur. 79% exerce cette activité principalement et l'ancienneté dans le traitement du bois est de 5±2 ans.

Contrairement aux producteurs de sciure, la fabrication du «bili-bili» est exercée essentiellement par les femmes dont l'âge moyen est 30±4 ans. Des auteurs [35] ont révélé une fourchette d'âge similaire pour les actrices de la ville de N'Djamena (Tchad). Les productrices de Ngaoundéré sont scolarisées à 53,5% contre 55% avec 40,6% au niveau primaire, 11,9% pour le niveau secondaire et 1% pour le niveau supérieur. La scolarisation des productrices de la ville de N'Djamena est de 55% [34]. 91% exerce la production du «Bili-bili» comme l'activité principale avec une ancienneté de 4±2 ans. Comme ustensile, 52% détiennent deux marmites pour produire le «Bili-bili».

Si la production du son de maïs est majoritairement dominée par les hommes, les femmes exercent aussi cette activité (26,3%) des producteurs. L'âge moyen est de 26±4 ans. Quant au niveau d'étude, 58,8% ont un niveau d'étude du primaire et 25% du secondaire. 82,5% exerce cette activité principalement et leur ancienneté moyenne est aussi de 4±2 ans. Les producteurs détiennent essentiellement des moulins à disque pour décortiquer le maïs.

III.A.3. Quantité totale et disponibilité selon les différents types de résidus de biomasse

Cas des sciures de bois

La quantité de sciure de bois produit quotidiennement diffère selon les espèces. Elle varie de 189±57 kg pour l'espèce *Ayous* à 25±10 kg pour le *Sapelli* et 16±5 kg pour *Iroko*. On observe une prédominance de *Ayous* dans l'utilisation de ce type de bois dans la demande en bois. *Ayous* à lui seul représente plus de 80% de production de sciure de bois. Des études antérieures [22; 23] ont révélé que cette espèce est la plus demandée dans les ventes de bois à l'intérieur du Cameroun et dans la sous-région Afrique Centrale. *Ayous* se présente comme une essence bon marché et accessible à la bourse de beaucoup de personnes.

Devenirs et quantité de sciure disponible.

Le tableau 4 résume les différents devenirs de la sciure. Plus de la moitié de la sciure est disponible. Une faible proportion (19,47) est vendue au prix de 15 FCFA le kilo et près du tiers (29,12%) de la quantité produite est cédée gratuitement. Dans la pratique, le montant de la sciure vendue est plutôt un prix de la main d'œuvre accordée aux ouvriers qui se chargent de remplir les sacs des personnes qui veulent de la sciure de bois. La plupart de producteurs de sciure nous ont confié la sciure de bois est déversé dans les bas-fonds lorsqu'ils ont besoin de l'espace pour continuer à scier. La sciure a pour unique voie de valorisation l'utilisation comme combustible dans la préparation des aliments comme les beignets. Les quantités de sciure de bois disponible quotidiennement sont de 97,12 kg pour *Ayous*, de 12,60 kg pour le *Sapelli* et de 8 kg pour *Iroko*. Plus d'une centaine de kilogramme de sciure peut être transformé en biochar quotidiennement dans la ville de Ngaoundéré.

Tableau 4: Devenirs de la sciure produit quotidiennement selon les différents types d'essence.

Type d'essence	Devenirs	Proportion [%]	Nombre de sacs	Quantité de sciure [kg]
Ayous	Total Ayous	100	11,81	189
	Vendu	19,47	2,30	36,8
	Cédé gratuitement	29,12	3,44	55,04
	Disponible*	51,41*	6,07*	97,12
Sapelli	Total Sapelli	100	1,56	25
	Vendu	19,47	0,31	4,96
	Cédé gratuitement	29,12	0,465	7,44
	Disponible*	51,41*	0,78	12,60
Iroko	Total Iroko	100	1	16
	Vendu	19,47	0,20	3,2
	Cédé gratuitement	29,12	0,3	4,8
	Disponible*	51,41*	0,5	8
TOTAL	Total Sciure	100	14,37	230
	Vendu	19,47	2,79	44,78
	Cédé gratuitement	29,12	4,18	66,97
	Disponible*	51,41*	7,38	118,25

*par différence

Tableau 5: Production journalière de son de maïs et de drêche de sorgho.

Résidu	Nombre total des opérateurs	Production moyenne (Nombre sac ou tasse/opérateur)	Nombre total de sac ou tasse	Quantité produite [kg]
Son de maïs	80	2,02±1,11	161,6 ^{*1}	4 798±250 ^{*3}
Drêche de sorgho	101	19,29±20	1 948,75 ^{*2}	779,50 ^{*4}

*1) en sac ; *2) en tasse ; *3) Quantité produite= Nombre de sac x poids du sac (ici 30±0,5) ; *4) Quantité produite=Nombre de tasse x poids de la tasse (ici 0,4±0,0)5 kg

Tableau 6: Devenirs et disponibilité des résidus agro-alimentaires étudiés.

Résidu	Devenirs	Proportion [%]	Nombre de sacs ou tasse/j	Quantité de résidu ^{*1} [kg/j]
Son de maïs	Total son de maïs	100	161,6	4 798
	Vendu	90,24	137,74	4 132
	Cédé gratuitement	7,42	11,99	359
	Utilisation personnelle	5,5	8,88	266
	Disponible ^{*2}	0,84	1,35	40
Drêche de sorgho	Total Drêche	100	1 948,75	779,50
	Vendu	76,61	1 492,94	597,17
	Cédée gratuitement	21,44	417,81	167,12
	Disponible ^{*2}	1,95	38,00	15,20

*1) Quantité de résidu=Nombre de sacs ou tasses x poids du sac ou d'une tasse; *2) par différence

Evolution de la production mensuelle de sciure

La figure 4 présente la production mensuelle totale et la production mensuelle disponible de sciure de bois toutes les essences étudiées confondues. La plus faible production des sciures est obtenue pendant le mois de septembre ($2,84 \pm 0,5$ t) et la plus forte production au mois de janvier ($25,66 \pm 0,5$ t). Ce qui signifie qu'entre ces deux mois, la production est multipliée par plus de 10. Cette forte variation est due principalement aux saisons. La production de sciure est conditionnée par la saison sèche où les camions ont plus accès aux zones d'abattages d'arbres. La production disponible suit le même rythme car la plus grande n'est pas utilisée et peut constituer potentiellement la quantité susceptible d'être transformée en biochar. La quantité disponible varie entre $1,45 \pm 0,2$ t (mois de septembre) et $13,18 \pm 0,2$ t (mois de janvier).

Cas des deux résidus agro-alimentaires étudiés.

Ville moyenne, Ngaoundéré regorge un nombre assez important (près de 80) des meuneries chargés de mettre à la disposition de cette population de la farine de maïs pour des besoins alimentaires. Les grains de maïs concassés génèrent une quantité importante de son (plus de tonnes et demie) quotidiennement. Comparativement à une étude effectuée par certains auteurs [35] pour la ville de N'Ndjamena (Tchad), les valeurs obtenues pour la ville de Ngaoundéré sont importantes. Des auteurs [35] ont obtenu une production de son de maïs de près de quatre tonnes et demi pour une population avoisinant le million d'âmes. La grande production du son de maïs s'explique par deux autres causes. Le plateau de l'Adamaoua dont fait partie la ville de Ngaoundéré, est un bassin céréalier où le sol est axé à la production du maïs. Ceci le diffère de la zone sahélienne où les raretés des pluies ont orienté les populations à la production du sorgho, moins exigeant en eau. De plus, l'urbanisation n'a pas entraîné la perte de certaines habitudes culinaires. En effet, ces populations venues pour la plupart des campagnes continuer à consommer le maïs et le remplace accessoirement par le riz, deuxième céréale consommé dans cette ville.

La centaine de cabarets dispersés dans la ville de Ngaoundéré produit près de 800 kg de drêche de sorgho (Tableau 7). La quantité est bien importante si l'on tient compte de la teneur en eau de ce résidu. La quantité de drêche produit est 2,5 fois inférieure à celle obtenue par [35] sur une étude réalisé dans la ville de N'Ndjamena (Tchad). La supériorité dans la production de la capitale tchadienne peut s'expliquer par le fait que cette ville regorge d'une population sensiblement trois fois plus grande que Ngaoundéré [35].

Devenirs et disponibilité de deux résidus agro-alimentaires étudiés.

Le tableau 6 résume les différentes orientations du son de maïs et de la drêche de sorgho. Plus de 90% du son de maïs est vendu.

Deux modes de vente sont pratiqués. Le premier mode de vente, prédominant, est la vente aux commerçants. Ce sont les commerçants spécialisés dans la vente des denrées alimentaires comme les grains de maïs d'arachide ou d'haricot qui écoulent le son de maïs. Le destinataire final du son de maïs est la provende. Si, en saison de pluie, du fait de l'orientation des ruminants en pâturage, fait baisser le prix du son de maïs, en saison sèche, une spéculation s'installe. En effet, avec l'entrée dans la demande, des éleveurs de bœufs, le prix du kilogramme de son de maïs double et peut avoisiner 150 FCF. Le deuxième mode de vente est la vente directe. Certains meuniers nous ont confiés que des éleveurs s'approvisionnent directement chez eux en son de maïs. Une faible proportion de la production du son de maïs est soit cédé gratuitement (7,42%) ou orienté vers d'autres utilisations (5,5%). La gratuité ne peut être prise en compte dans la quantité disponible car le son est cédé le plus souvent à des connaissances. La principale autre utilisation du son de maïs est une utilisation personnelle. En effet, certains meuniers possèdent un cheptel qu'ils doivent alimenter avec le son produit par leurs moulins.

Comme pour le son de maïs, la drêche de sorgho se présente comme sous-produit commercialisable car plus de trois tiers de la quantité est écoulé par les détenteurs de cabarets qui la vendent principalement aux éleveurs de porc. Le prix moyen du kilogramme de drêche est de 40 FCFA. Près 20% de la production est cédée gratuitement aux connaissances. Il en résulte que moins de 2% est disponible. Cette quantité estimée à environ une quinzaine de kilogrammes représente la drêche de sorgho qui se retrouve quotidiennement le plus souvent dans les décharges de la ville de Ngaoundéré. La drêche qui se retrouve dans les décharges est celle qui est avariée.

Evolution de la production mensuelle des résidus agro-alimentaires étudiés

La figure 5 présente la production mensuelle totale et la production mensuelle disponible de son de maïs. La production totale varie entre $19,18 \pm 0,28$ t (mois d'octobre) et $7,77 \pm 0,15$ t (mois de mai). La variation est faible par rapport à la variation observée dans la production de sciure de bois. Les productions potentiellement disponibles pour la fabrication du biochar sont très faible, elle varie mensuellement entre $1,65 \pm 0,28$ t et $0,63 \pm 0,13$ t. Ceci peut s'expliquer ce résidu est issu d'une denrée alimentaire le maïs dont la demande ne varie pas en fonction du temps. Le maïs est un aliment de base. De plus, le son de maïs est plus utilisé à d'autres fins comme constituant de la provende. Le début de l'augmentation de la disponibilité en son de maïs peut être lié aux premières récoltes de grains de maïs en Août dans cette région du Cameroun. La faible disponibilité du son de maïs à partir de mars est liée à son utilisation comme provende pour l'embauche bovine, l'herbe se faisant rare en cette période de l'année.

La figure 6 présente la production mensuelle

totale et la production mensuelle disponible de drêche de sorgho de la ville de Ngaoundéré. La production mensuelle varie de $2,3 \pm 0,45t$ (mois de décembre) à $1,02 \pm 0,03t$ (mois d'août). La forte production de la bière de sorgho durant les mois de décembre et de janvier se justifie par les différentes fêtes célébrées durant cette période de l'année.

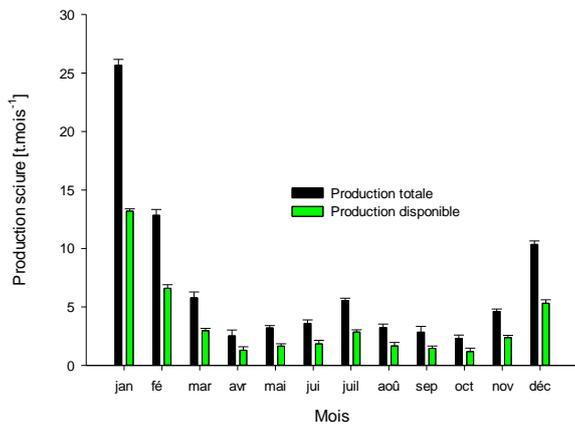


Figure 4: Evolution mensuelle des productions totale et disponible de la sciure de bois

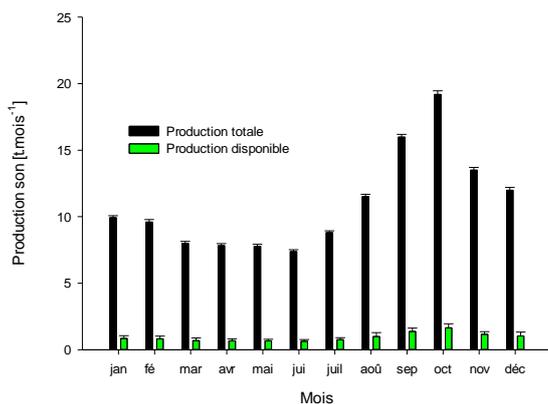


Figure 5: Evolution mensuelle des productions totale et disponible du son de maïs.

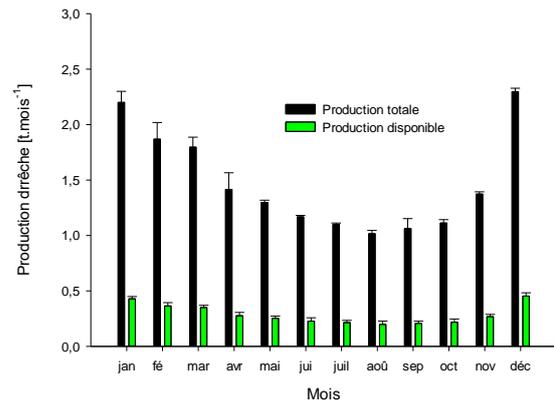


Figure 6: Evolution mensuelle des productions totale et disponible de la drêche de sorgho.

III.B. Biomasse transformable en biochar à Ngaoundéré : Potentialités et contraintes

Le tableau 9 présente quelques données sur les résidus étudiés et la quantité de biochar qui en résulte. La quantité mensuelle de résidus selon chaque type de biomasse a été extrapolée à partir des quantités moyennes journalières. Avec une quantité disponible de plus de 90 t par mois, soit une proportion plus de 77%, la sciure d'Ayous est de loin la biomasse la plus disponible pour une éventuelle transformation en biochar. Un autre avantage est le prix de cette biomasse qui est estimée à 1500 F cfa la tonne. Avec un rendement estimé à 0,32%, Ngaoundéré est en mesure de produire près de 30 t de biochar mensuellement.

La transformation de la biomasse en biochar met en jeu plusieurs facteurs. Si la quantité disponible est diversement appréciée selon le type de biomasse, le deuxième facteur entrant en jeu est le prix. Le prix des substrats tels que la drêche de sorgho ou le son de maïs peut plomber une éventuelle transformation de ces derniers en biochar. Le prix de la tonne du son de maïs et celle de la drêche de sorgho est respectivement de 7500 FCFA et 4000 FCFA. L'utilisation du son de maïs et de la drêche de sorgho comme provende peut exclure leur transformation en biochar dans un futur proche.

Tableau 7: Estimation de la potentialité de production de biochar des différents résidus.

Substrat	Quantité disponible [t/mois]	Proportion [%]	Prix [F Cfa/t]	Rendement* [%]	Quantité de biochar [t/mois]
Ayous	92,5	77,76	1 500	32*	29,6
Sapelli	12,5	10,51	1 500	32*	4
Iroko	8,2	6,89	1 500	32*	2,62
Son de maïs	1,2	1,01	7 500	44*	0,52
Drêche	4,56	3,83	4 000	45*	2,05
TOTAL	118,96	100			38,79

*estimation du rendement de pyrolyse ; t=tonne.

IV. CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'une part, d'évaluer la quantité de biomasse disponible selon les différents types de résidus. Il en ressort au vue

des résultats obtenus que des cinq types résidus à savoir les sciures d'Ayous, de Sapelli d'Iroko, de son de maïs et de drêche de sorgho, que la sciure d'Ayous est de loin le plus disponible vue sa gratuité. En effet, des tonnages importants peuvent être mobilisés dans la ville de Ngaoundéré pour une

transformation en biochar. Le choix de la sciure issue d'Ayous doit être cependant confirmé par une étude comparative des propriétés physicochimiques des cinq résidus de biomasse étudiés dans ce travail. L'on devra choisir des propriétés physicochimiques de biomasse susceptibles de permettre la production d'un biochar de qualité. Les propriétés qui peuvent être étudiés sont par exemple la teneur en carbone

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Lehmann, J., Kern, D. C., Glaser, B. and Woods, W. I. Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management, Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 2003.
- [2] Petersen, J. B., Neves, E. and Heckenberger, M. J. 'Gift from the past: Terra Preta and prehistoric Amerindian occupation in Amazonia', in C. McEwan, C. Barreto and E. Neves (eds) Unknown Amazonia, British Museum Press, London, UK, pp86–105. 2001.
- [3] Verheijen F, Jeffery S, Bastos AC, van der Velde M, Diafas I. Biochar application to soils: a critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. European Commission. 2010.
- [4] Zeelie A. Effect of biochar on selected soil physical properties of sandy soil with low agricultural suitability Master of Science University of Stellenbosch, 145 pp. 2012.
- [5] Biederman, L.A., Harpole, W.S. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. GCB Bioenergy 5, 202–214. 2013.
- [6] DeLuca, T.H., Gundale, M.J., MacKenzie, M.D., Jones, D.L. Biochar effects on soil nutrient transformations. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. Taylor and Francis, London, pp. 421–454. 2015.
- [7] Gul, S., Whalen, J.K., Thomas, B.W., Sachdeva, V., Deng, H. Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: Mechanisms and future directions. Agriculture Ecosystems & Environment 206, 46–59. 2015.
- [8] Beesley, L., Moreno-Jiménez, E., Gomez-Eyles, J.L. Effects of biochar and greenwaste composte, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in multi-element polluted soil. Environmental Pollution 158, 2282–2287. 2010.
- [9] Beesley L, et Marmiroli M. The immobilisation and retention of soluble arsenic, cadmium and zinc by biochar. Environmental Pollution 159: 474-480. 2011.
- [10] Gomez-Eyles, J.L.; Sizmur, T., Collins, C.D., Hodson, M.E. Effects of biochar and the earthworm *Eisenia fetida* on the bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons and potentially toxic elements. Environmental Pollution 159, 616-622. 2011

fixe et en lignine.

V. REMERCIEMENT

Nous remercions le fond spécial d'appui à la modernisation de la recherche du ministère de l'enseignement supérieur du Cameroun qui nous a permis la faisabilité de cette étude.

- [11] Mohan D, Pittman CU. Arsenic removal from waster/wasterwater using adsorbent – a critical review. Journal of Hazardous Materials. 1142, 1-53. 2007.
- [12] Rasheed A, Sana S, Kashif S, Umer Z, Khatton M. To evaluate the Efficiency of Char and Biochar Waster Water Treatment. Resour Recycl Waste Manag Wol.2 No.2:7. 2017.
- [13] Antal, M. J. et Gronli, M. The art, science, and technology of charcoal production. Industrial & Engineering Chemistry Research, volume 42, numéro 8, p. 1619-1640. 2003.
- [14] Liu W.-J., F.-X. Zeng, H. Jiang, X.-S. Zhang. Preparation of high adsorption capacity biochars from waste biomass, Bioresour. Technol. 102 8247–8252. 2011.
- [15] Kloss, S., Zehetner, F., Dellantonio, A., Hamid, R., Ottner, F., Liedtke, V., Schwanninger, M., Gerzabek, M.H., Soja, G. Characterization of slow pyrolysis biochars: effects of feedstocks and pyrolysis temperature on biochar properties. Journal of Environmental Quality 40, 1–11. 2011.
- [16] Bridgwater, A.V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. Biomass and Bioenergy 38, 68–94. 2012
- [17] Zhao Ling, Xinde Cao, Ondrej Masek, Andrew Zimmerman. Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures, Journal of hazardous Materials 256-257, 1-9. 2013.
- [18] Wiedner, K., Naisse, C., Rumpel, C., Pozzi, A., Wicczorek, P., Glaser, B. Chemical modification of biomass residues during hydrothermal carbonization – what makes the difference, temperature or feedstock? Organic Geochemistry 54, 91-100. 2013.
- [19] EBC. European Biochar Certificate –Guidelines for a Sustainable Production of Biochar.' European Biochar Foundation (EBC), Arbaz, Switzerland. <http://www.european-biochar.org/en/download>. Version 6 of 1st April 2015.
- [20] Duku, M.H., Gu, S., Hagen, E.B. Biochar production potential in Ghana – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 3539-3551. 2011.
- [21] Gwenzi, W., Chaukura N., Mukone F N.D., Machado S., Nyamasoka B. Biochar production and applications in sub Saharan Africa: opportunities, constraints, risks and uncertainties. Journal of Environmental Management, v.150, p.250-261. 2015

- [22] Institut National de Statistique. Annuaire Statistique du Cameroun en 2010. 2011
- [23] Cerutti, P.O. et Lescuyer, G. Le marché domestique du sciage artisanal au Cameroun: état des lieux, opportunités et défis. Document Occasionnel 59. CIFOR, Bogor, Indonésie. 56pp. 2011.
- [24] Bouyo N. F. Dynamique et perception de la biodiversité dans la ville de Ngaoundéré. Master en géographie. Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines. Université de Ngaoundéré. 135 pp. 2015
- [25] CUN. (Communauté Urbaine de Ngaoundéré). Elaboration du plan directeur d'urbanisme de Ngaoundéré, Rapport final 159 pp. 2016
- [26] Tchotsoua M. Evolution récente des territoires de l'Adamaoua central: de la spatialisation à l'aide pour un développement maîtrisé. Habilitation à diriger des recherches. Volume 3. Mémoire original et projets de recherche. 267p. 2006.
- [27] Tchotsoua M., Bonvallet J., Totoum. Pression urbaine et dynamique des paysages sur les mornes de Ngaoundéré (Cameroun). In: les montagnes tropicales: identités, mutations, développement. BART F., MORIN S. et SALOMON J.-N. (éds.). Talence, DYMSET, CRET, pp. 133-143 (Espaces Tropicaux n°16). 2001.
- [28] Saint Gobin. Guide des essences de bois commercialisées, 128p 1975
- [29] Strehler A. et Stutzle G. Biomass residues. London: Applied Science Publishers.
- [30] Schenkel, Y. and B. Benabdallah. 2005. Guide Biomasse Energie. 2 ed. Québec, édition IEPF, (collection point de repère), 391p. 1987.
- [31] Bowen, M.R., Howland, P., Last, F.T., Leakey, R.R.B. et Longman, K.A. *Triplochiton sleroxylon*: conservation et amélioration; Informations sur les ressources génétiques forestières No 6. FAO, Rome. 1977.
- [32] Benoit, I. Le guide des essences de bois, Editions Eyrolles, Paris, 145 pp. 2008.
- [33] Freitas Koumlanvi I. Etude des produits et sous-produits agro-industriels du Togo et les possibilités de leurs utilisations en Elevage. Thèse de Doctorat Vétérinaire N° 5, EISMV – Dakar (Sénégal), 174 p. 1978.
- [34] Mathieu, C., Pieltain, F. Analyse chimique des sols. Méthodes choisies. Ed. Tec & Doc; 382 pages. 2003.
- [35] Mopaté, L. Y; Kaboré-Zoungrana, C. Y.; Facho B. Availability and nutritive value of rice bran, maize bran and sorghum bran used for pig feeding in N'djaména (Chad). J. Appl. Biosci., 41: 2757-2764. 2011.