

## Technique de carbonisation du bois au Nord-Ouest du Bénin, Afrique de l'Ouest

Amidou YAKOUBOU ISSIFOU<sup>1\*</sup>, Jesugnon Fifamè Murielle Féty TONOUEWA<sup>1</sup>,  
Samadori Sorotori Honoré BIAOU<sup>1</sup>, Thierry Dèhouégnon HOUEHANOU<sup>1</sup> et Yaya IDRISOU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB), 03 BP 125 Parakou,  
Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), République du Bénin

<sup>2</sup> Laboratoire d'Ecologie, Santé et Production Animales (LESPA), Faculté d'Agronomie (FA),  
Université de Parakou (UP), 01 BP 123 Parakou, République du Bénin

\* Correspondance, courriel : [amidou.yakoubou@yahoo.fr](mailto:amidou.yakoubou@yahoo.fr)

### Résumé

Cette étude avait pour objectif, la détermination du rendement massique de la technique de carbonisation du bois dans la Commune de Djougou au Nord-Ouest du Bénin. A cet effet, 57 charbonniers ont fait l'objet d'une enquête et 12 meules de charbons de bois dont 4 meules à bois vert et 8 meules à bois mort ont été suivies. A l'issue de cette étude, il ressort que dans la commune de Djougou, seule la meule traditionnelle est utilisée pour la carbonisation. Les espèces les plus utilisées pour la carbonisation sont respectivement *Isoberlinia doka* (82,45 %), *Anogeissus leiocarpa* (65,54 %), *Vitellaria paradoxa* (45,21 %), *Prosopis africana* (37,55 %) et *Burkea africana* (23,53 %). Le rendement massique en charbon de bois a été de 19,42 % pour le bois mort et de 24,87 % pour le bois frais.

**Mots-clés :** *espèces de bois énergie, meule, carbonisation, Djougou.*

### Abstract

#### Wood carbonization technique in northwestern Benin, West Africa

The aim of this study was to determine the mass yield of wood carbonization technique in the municipality of Djougou in north-west Benin. For this purpose, 57 charcoal burners were the subject of an investigation and 12 millstones of charcoal including 4 green and 8 deadwoods were followed. At the end of this study, it appears that in the commune of Djougou, only the traditional millstone is used for carbonization. The most commonly used species for carbonization were *Isoberlinia doka* (82.45 %), *Anogeissus leiocarpa* (65.54 %), *Vitellaria paradoxa* (45.21 %) and *Prosopis africana* (37.55 %) and finally, *Burkea africana* (23.53 %). The mass yield of charcoal was 19.42 % for dead wood and 24.87 % for fresh wood.

**Keywords :** *species of fuelwood, grinding wheel, carbonization, Djougou.*

### 1. Introduction

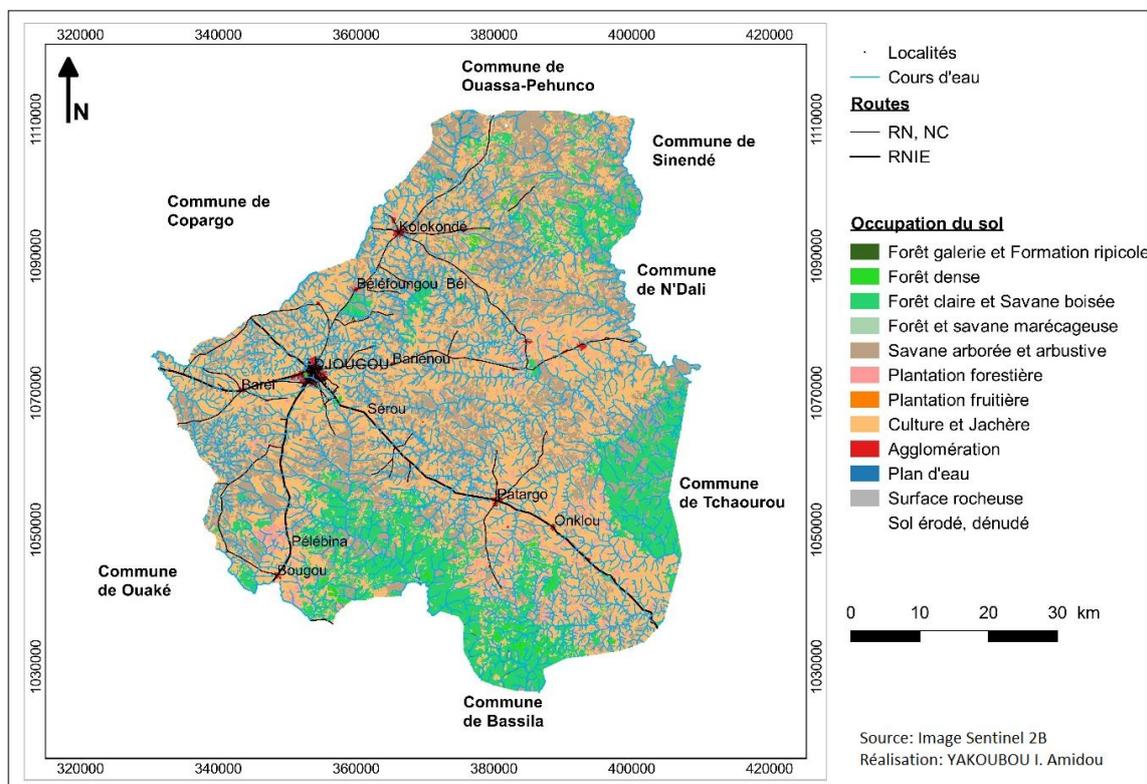
Près de 67 % de la population du Bénin utilise le bois-énergie pour assurer les besoins de cuisson et de chauffage [1]. Les autres formes d'énergie, telles que les hydrocarbures ou l'électricité, restent quasi indisponibles ou simplement inaccessibles pour les populations rurales en raison de leur coût prohibitif [2].

La consommation quotidienne de charbon de bois est estimée à 0,35 kg par personne dans les zones urbaines contre 0,15 kg par personne dans les zones rurales [3]. Environ 3 millions de tonnes de bois énergie sont consommés chaque année au Bénin ; et en raison de la croissance démographique, la demande en bois énergie devrait augmenter. Djougou, ville carrefour du Nord Bénin, a connu un accroissement progressif de la population passant de 133 099 habitants à 267 812 habitants de 1992 à 2013 [4]. Dans cette commune, la demande en bois énergie devient de plus en plus importante. Cette demande croissante en bois énergie augmente la pression exercée sur les ressources forestières de la zone d'approvisionnement de la commune. Il s'avère donc nécessaire d'évaluer l'effet de cette demande sur le potentiel forestier de la zone d'approvisionnement. La détermination du rendement massique de carbonisation est le point de départ de l'évaluation de la demande en bois énergie sur les ressources forestières de la zone d'approvisionnement. La connaissance de ce rendement nous permettra d'évaluer réellement l'effet de la consommation en bois-énergie sur le potentiel forestier de la zone d'approvisionnement.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Milieu d'étude

Cette étude a été réalisée au Nord-Ouest du Bénin, dans la commune de Djougou, département de la Donga. La commune de Djougou, s'étend sur une superficie de 3966 km<sup>2</sup>, et limitée au Nord par les communes de Kouandé et de Péhunco, au Sud par la commune de Bassila, à l'Est par les communes de Sinendé, de N'Dali et de Tchaourou et à l'Ouest par les communes de Ouaké et de Copargo (*Figure 1*). Le climat est de type soudano-guinéen à deux saisons dont une saison pluvieuse de mi-avril à mi-octobre et une saison sèche de mi-octobre à mi-avril. Les précipitations vont de 1000 à 1500 mm.



**Figure 1 : Carte de l'occupation du sol de la commune de Djougou en 2018**

**2-2. Collecte des données**

Aux fins d’identifier les différentes techniques de carbonisation, les différentes espèces végétales utilisées et leurs fréquences d’utilisation pour la fabrication du charbon de bois, ainsi que les rendements de carbonisation, des enquêtes semi structurées ont été réalisées auprès de 57 charbonniers de la commune. Les statistiques sur l’effectif des charbonniers n’étant pas disponibles, la méthode « boule de neige » a été utilisée. Elle s’est basée sur le réseau social d’un premier contact qui a guidé l’équipe à son prochain contact [5]. Le nombre de charbonniers enquêtés est consigné dans le **Tableau 1**.

**Tableau 1 : Répartition des enquêtés par arrondissement**

Arrondissements	Effectifs des charbonniers
Bariénou	13
Bougou	11
Béléfougou	8
Kolokondé	12
Dangousar	4
Pélébina	5
Djougou III	4
Total commune	57

**2-3. Méthode de détermination du rendement massique du charbon de bois**

La détermination du rendement massique du charbon de bois a été réalisée par la méthode proposée par [6], dont le mode opératoire est le suivant :

**2-3-1. Avant carbonisation**

La totalité du bois enfourné a été pesée à l’aide d’une balance de portée 150 kg. Il a été également procéder à la détermination de la teneur en eau des espèces utilisées pour la carbonisation. La détermination de l’humidité (H %) sur brut a été effectué sur un échantillon de 300 g. A cet effet, un peson électronique de portée  $400 \pm 0,5g$  a été utilisé. Après la pesée, l’échantillon a été séché dans l’étuve à une température de 105 °C pendant 72 heures. L’échantillon complètement séché a été de nouveau pesé. L’humidité en pourcentage a été déterminée à l’aide de **l’Équation 1**. La masse anhydre de bois (PO), a quant à elle été déterminée, à partir de la masse totale initiale (PH), selon **l’Équation 2**.

$$\text{Humidité} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \tag{1}$$

$$PO = PH \left(1 - \frac{H\%}{100}\right) \tag{2}$$

*avec, m<sub>1</sub> : masse en grammes de l’échantillon avant séchage ; m<sub>2</sub> : masse en gramme de l’échantillon après séchage ; PO : masse anhydre de bois ; PH : masse totale initiale (PH) et H % : Humidité du bois.*



**Figure 2 :** *Opération de coupe (A), de pesée (B) et de mise en tas du bois (C) avant la carbonisation*

### 2-3-2. Après carbonisation

Après la carbonisation, le tri et la pesée des incuits éventuels (I) ont été effectués. Après ces opérations s'en suit la pesée de la totalité du charbon de bois obtenue suite à la carbonisation.



**Figure 3 :** *Opérations de ramassage (D), pesée des incuits (E) et pesée du charbon de bois (F)*

### 2-3-3. Expression du rendement massique

Le rendement massique sur anhydre (R) exprimé en pourcentage est donné par la **Formule** :

$$R = \frac{PC}{PO-I} \times 100 \quad (3)$$

avec,  $PC =$  Poids du charbon ;  $PO =$  Masse anhydre de bois ;  $I =$  Incuits.

Lorsque la mise en œuvre d'une technique de carbonisation nécessite le recours à un combustible d'appoint pour le démarrage ou pour toute la durée du cycle, il convient de comptabiliser cette énergie au niveau des rendements de transformation. La quantité du combustible d'appoint anhydre (BO) introduite dans le système doit être appréciée de la même façon que précédemment. La **Formule** du rendement massique devient alors :

$$R_{\text{net}} = \frac{PC}{PO-I+BO} \times 100 \tag{4}$$

avec, *PC* = Poids du charbon ; *PO* = Masse anhydre de bois ; *I* = Incuits ; *BO* = Quantité de bois anhydre

Au total, 12 meules de charbons de bois dont 4 meules à bois vert et 8 à bois mort ont été considérées pour déterminer le rendement massique du charbon de bois dans la commune avec la meule traditionnelle. Ce choix s'explique par le fait que le bois mort est majoritairement utilisé par les charbonniers de la commune pour la fabrication du charbon de bois. Les bois utilisés et le charbon de bois produits ont été pesés avec une balance de portée 150 kg.

### 2-4. Analyse statistique

La masse totale de bois enfourné, la masse de bois anhydre, la masse de combustible d'appoint, la masse de charbon de bois et des incuits, l'humidité sur brut de bois enfourné, et le rendement massique ont été soumis à une analyse de variance à un facteur (Type de bois dans les meules : bois vert, bois mort) au seuil de 5 % au logiciel R [7]. Les comparaisons entre les moyennes ont été faites par le test t de Student. Les résultats ont été présentés sous forme de moyenne ± erreur standard.

## 3. Résultats

### 3-1. Caractéristiques générales des charbonniers enquêtés

Les caractéristiques générales des charbonniers enquêtés se résument dans le **Tableau 2**.

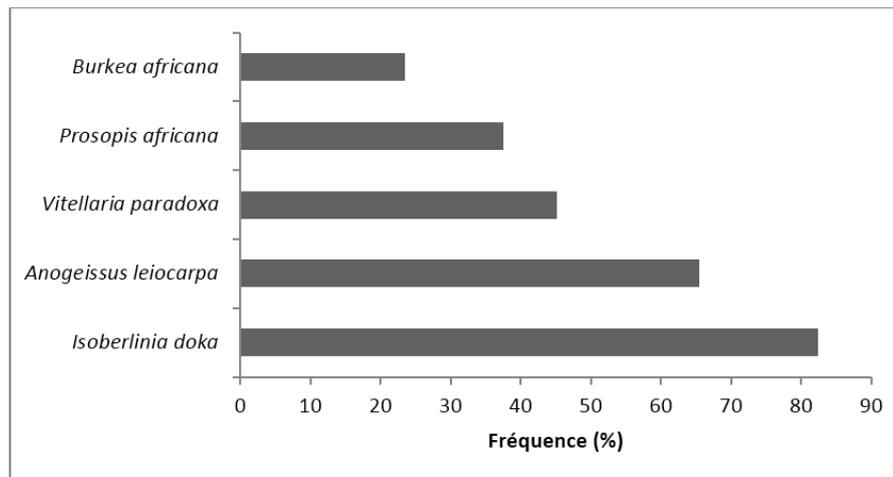
**Tableau 2** : Variables décrivant les charbonniers enquêtés

Intitulé des variables	Modalités	Fréquence (%)
Localisation du charbonnier	Bariénou	22,80
	Bougou	19,29
	Béléfoungou	14,03
	Kolokondé	21,05
	Dangousar	7,01
	Pélébina	8,77
	Djougou III	7,01
Groupe socio-culturel	<i>Yom</i>	45,21
	<i>Bariba</i>	12,20
	<i>Lopka</i>	22,30
	<i>Fon</i>	20,29
Age du charbonnier	≤ 30 ans	10,12
	30 - 50 ans	75,35
	≥ 50 ans	14,53
Sexe du charbonnier	Masculin	100
	Féminin	0,00
Niveau d'instruction	Sans niveau scolaire	76,54
	Niveau primaire	20,12
	Niveau secondaire	3,34

La répartition géographique des charbonniers enquêtés dans la Commune de Djougou n'a pas été uniforme. Ces charbonniers sont en majorités concentrés dans les arrondissements de Bariénou (22,80 %), Kolokondé (21,05 %) et Patargo (19,29 %). Ils sont pour la plupart des Yom (45,21 %), des Lokpa (22,30 %), des Fons (20,29 %) et des Bariba (12,20 %). Les charbonniers sont relativement jeunes et leur âge moyen est de  $41 \pm 5$  ans. Leur taux de scolarisation est de 23,46 % contre 76,54 % des non scolarisés.

### 3-2. Essences forestières et types de meules utilisées pour la fabrication du charbon de bois dans la commune de Djougou

La **Figure 4** donne la fréquence des essences forestières les plus exploitées pour la fabrication du charbon de bois dans la Commune de Djougou.



**Figure 4 :** Essences forestières utilisées pour la fabrication du charbon de bois à Djougou

Il ressort de cette **Figure** que les essences les plus utilisées dans la fabrication du charbon de bois par les charbonniers de la Commune de Djougou sont *Isoberlinia doka* (47 sur 57 charbonniers enquêtés soit 82,45 %), *Anogeissus leiocarpa* (65,54 %), *Vitellaria paradoxa* (45,21 %), *Prosopis africana* (37,55 %) et enfin *Burkea africana* (23,53 %). Pour ce qui est du type de meule de carbonisation utilisé par les charbonniers de la Commune de Djougou, un seul type est utilisé. Il s'agit de la meule traditionnelle.

### 3-3. Taux de prélèvement par écosystème

Le taux de prélèvement permet de se faire une opinion sur la quantité de bois effectivement prélevée dans chaque écosystème utilisé par les charbonniers de la Commune de Djougou. Ainsi sur les 57 charbonniers enquêtés, il ressort que les bois prélevés pour la carbonisation proviennent à 21,25 % des champs, 33,6 % des forêts naturelles et 45,15 % des anciennes jachères.

### 3-4. Caractéristiques des bois enfournés

Les caractéristiques des bois enfournés sont consignées dans le **Tableau 3**. La masse totale de bois enfournés, la masse anhydre de bois et l'humidité sur brut de bois ont été significativement différents ( $p < 0,05$ ) d'une meule à l'autre. Par contre, la masse du combustible d'appoint et le diamètre moyen de bois enfourné n'ont pas été significativement différents ( $p > 0,05$ ) d'une meule à l'autre.

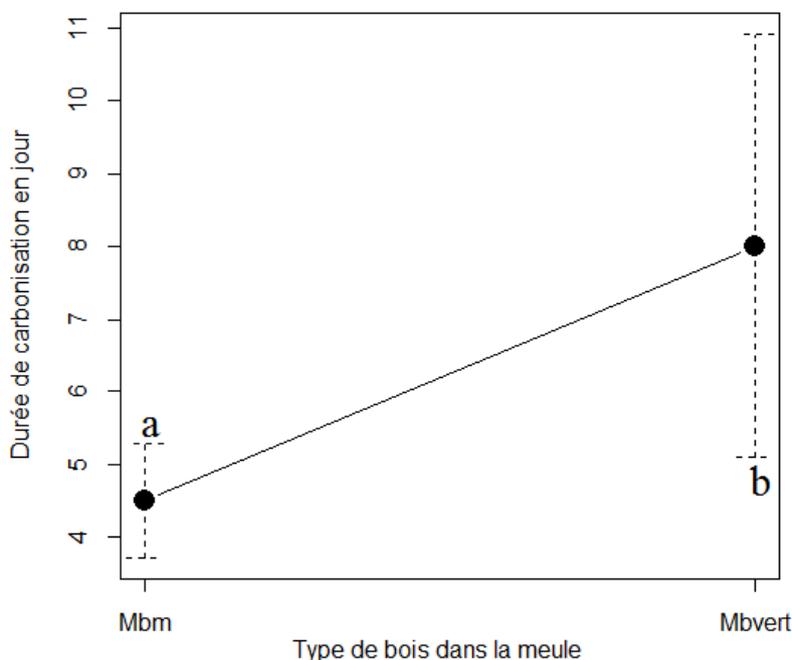
**Tableau 3 : Caractéristiques de bois enfournés**

Type de bois	PH (Kg)	PO (kg)	BO (kg)	Hub (%)	Dm (cm)
Bois vert	949,38 ± 59,41a	522,16 ± 57,03a	165,26 ± 46,26a	46,00 ± 0,03a	50,72 ± 1,67a
Bois mort	708,812 ± 42,01b	708,81 ± 40,33b	70,20 ± 32,71a	0,00 ± 0,00b	52,45 ± 1,18a

*PH : masse totale de bois enfourné ; PO : masse anhydre de bois ; BO : Masse du combustible d'appoint ; Hub : Humidité sur brut de bois enfourné ; D<sub>m</sub> : diamètre moyen de bois enfourné. Les valeurs de la même colonne, indiquées de différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5 % (p < 0,05).*

**3-5. Durée de carbonisation**

La **Figure 5** illustre la durée de carbonisation des bois enfournés. La durée de carbonisation du bois vert a été significativement plus élevée (p < 0,05) que celle du bois mort. Le taux humidité du bois a donc eu un effet sur la durée de carbonisation.



**Figure 5 : Durée de carbonisation des bois enfournés**

*Mbm : Meule de bois mort ; Mbvert : Meule de bois vert. Les moyennes, indiquées de différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5 % (p < 0,05).*

**3-6. Rendement massique de carbonisation de la meule traditionnelle à Djougou**

Le **Tableau 4** ci-dessous renseigne sur le rendement massique de la carbonisation du bois dans la Commune de Djougou. La masse totale de charbon de bois obtenu au terme de la carbonisation n'a pas variée de façon significative (p > 0,05) en fonction du type de bois dans la meule. Alors que la masse des incuits et le rendement moyen de carbonisation ont été significativement différents (p < 0,05). Le rendement en charbon de bois a été de 19,43 % pour le bois mort et de 24,87 % pour le bois vert.

**Tableau 4 : Rendement massique de carbonisation**

Type de bois dans la meule	Masse totale du Charbon de bois (kg)	Masse incuits (kg)	Rendement moyen (%)
Bois vert	160,07 ± 16,93 <sup>a</sup>	41,81 ± 4,04 <sup>a</sup>	24,87 ± 0,67 <sup>a</sup>
Bois mort	150,320 ± 11,97 <sup>a</sup>	7,76 ± 2,86 <sup>b</sup>	19,43 ± 0,47 <sup>b</sup>

Les valeurs de la même colonne, indicées de différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5 % ( $p < 0,05$ ).

#### 4. Discussion

La présente étude avait pour objectif la détermination du rendement massique en charbon de bois dans la commune de Djougou. Les résultats issus de l'étude ont révélé que, les charbonniers de la commune adoptent des techniques de production traditionnelle avec l'utilisation de meule superficielle recouverte de terre comme observé dans plusieurs pays africains [7, 8]. Cette meule est construite en plaçant des tas de bois sur le sol, en les couvrant de feuilles ou de matériels herbacés puis du sable avant l'allumage. Hormis que le bois vert soit laissé trois à quatre jours avant la mise en four, aucune technique de séchage de bois n'est pratiquée et la meule est faite près de la zone de collecte de bois pour éviter le transport du bois (qui est quatre fois plus lourd que le charbon). Le chargement de la meule repose sur quatre longerons de 20 cm de diamètre environ suivant la pente du sol. Le bois à charger est rangé perpendiculairement à la pente du terrain sur les longerons sans classification du diamètre. L'allumage se fait du côté aval et le front de carbonisation avance vers le côté amont de la meule. La meule n'est pas étanche, ce qui provoque quelques fois un retour de feu sur la partie déjà carbonisée. Le charbonnier devra garder une surveillance totale afin d'éviter la prise de feu et de l'effondrement de la meule. Dans la commune de Djougou, la production de charbon de bois est une activité d'exploitation sélective. Les charbonniers choisissent seulement les espèces à bois durs. Ce même constat a été fait par d'autres auteurs à Madagascar [9 - 11]. Beaucoup d'espèces sont négligées en raison de la mauvaise qualité de leur bois ou par la présence de latex toxique [11].

Les espèces produisant une bonne qualité de charbon de bois et ayant de grande taille sont sélectionnées par les charbonniers de Djougou. Cette même observation a été faite par NL Agency [13]. Quand les espèces préférées pour la production de charbon de bois sont rares, les charbonniers font recours à la combinaison de plusieurs espèces. Ainsi, le choix des espèces dépend également de leur disponibilité. Le même cas a été observé au Togo et en Zambie où la sélection des espèces est peu dépendante de la qualité de bois mais surtout liée à la disponibilité en bois [13, 14]. La durée de carbonisation du bois vert a été estimée à huit (08) jours contre environ 4 jours pour le bois mort. Cette différence est due non seulement au taux d'humidité, mais aussi à la quantité du bois enfournée. Ces résultats sont contraires à ceux rapportés par plusieurs auteurs. [16] ont obtenus des durées de carbonisation de trois (03) et quatre (04) jours respectivement pour le bois sec et humide. [17] ont noté dans leur étude sur la meule traditionnelle, deux à trois jours de carbonisation respectivement de 30 et 50 % humidité dans la forêt communautaire de Sambandé au Sénégal. En France, [18] ont obtenus une durée de deux jours pour une meule de 7 stères avec un degré d'humidité du bois compris entre 29,9 et 42,9 %. En Zambie, [19] a obtenu une durée de vingt-sept (27) à trente et un (31) jours pour 6 stères de bois de degrés d'humidité allant de 28,2 à 34,4 %. Les rendements massiques obtenus dans cette étude sont comparables à ceux rapportés par plusieurs auteurs. En comparant les rendements de production de charbon de bois entre la meule traditionnelle et la meule Casamançaise dans la forêt communautaire de Sambandé au Sénégal, [17] ont rapporté des rendements allant de 22,19 % à 36,74 %. [10] a rapporté des rendements en charbon de bois de 24 % dans la zone côtière à 26 % sur le plateau

Mahafaly au Sud-ouest de Madagascar. [20] a rapporté des rendements de 18,30 % et 19,79 % respectivement pour le *Senna siamea* et *Anogeissus leiocarpa* dans la forêt de la Lama au Sud du Bénin. Toutefois, nos résultats sont inférieurs à la valeur 37 % obtenus par [16] avec le *Tectona grandis* au Bénin. Mais supérieur à celui de 10 % rapporté par Ogouvidé et Mama (2007). La différence entre nos valeurs et celle de ces auteurs pourrait être liée non seulement à l'espèce et à la technique de carbonisation utilisée, mais aussi à l'expérience du charbonnier. En effet, des recherches ont confirmé que le rendement dépend surtout des espèces utilisées, ainsi que de l'humidité des bois utilisés [16]. Selon [21], le rendement d'une carbonisation dépend de la qualification de l'opérateur et de l'appareillage utilisé. La dextérité du charbonnier et le suivi rigoureux des meules (surtout pour le choix du jour de défournement) favorisent donc de meilleurs rendements. La différence de rendement obtenu avec le bois vert et le bois mort dans notre étude est liée fortement au taux d'humidité de ces types de bois. Ce résultat corrobore à ceux obtenus par [16].

## 5. Conclusion

Dans la commune de Djougou, les techniques utilisées dans les sites de carbonisation sont traditionnelles avec des rendements très faibles. Ces techniques de carbonisation contribuent à déboiser une superficie importante des forêts naturelles. Pour ce fait, il serait souhaitable donc, de promouvoir l'utilisation des techniques de carbonisation améliorées (meule à cheminée de type casamançais par exemple) permettant d'améliorer le taux de rendement massique du charbon de bois et par conséquent réduire considérablement le taux de déforestation. Il faut alors introduire de façon progressive ces techniques de carbonisation améliorées dans plusieurs sites de carbonisation et continuer à faire d'autres études sur les techniques de carbonisation qui offrent de meilleur rendement.

## Références

- [1] - DGE, « Consommation d'énergie au Bénin », (2002)
- [2] - B. DOSSOU, « Les foyers économiques et les nouvelles sources d'énergie pour la lutte contre la désertification au Bénin. Communication présentée au Séminaire national sur le thème "Energie domestique et lutte contre la désertification au Bénin : Rôle de la femme". INFOSEC - Cotonou, du 15 au 17 Octobre 1996 », (1996)
- [3] - J. AGBO et V. J. MAMA, « Synthèse et analyse des données sur le bois-énergie en République du Bénin. Rapport Projet GCP/INT/679/EC », (2001) 55 p.
- [4] - INSAE, « Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Bénin », (2013) 85 p.
- [5] - L. A. GOODMAN, « Snowball sampling », *The annals of mathematical statistics*, (1961) 148 - 170 p.
- [6] - P. GIRARD, « Analytical performance tests for charcoal-making technics and equipment », *Holz als Roh-und Werkstoff*, Vol. 50, N° 12 (1992) 479 - 484 p.
- [7] - R CORE TEAM DEVELOPMENT, « R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2012 », URL <http://www.R-project.org>, (2018)
- [8] - R. E. MALIMBWI, E. ZAHABU, G. C. MONELA, S. MISANA, G. C. JAMBIYA et B. MCHOME, « Charcoal potential of miombo woodlands at Kitulangalo, Tanzania », *Journal of Tropical Forest Science*, (2005) 197 - 210 p.
- [9] - FAO, « Simple technologies for charcoal making. FAO FORESTRY PAPER 41. FAO Forestry Department, Rome. », (1987) 158 p.
- [10] - T. RANAIVOSON, « Impacts écologiques et socio-économiques de la production de charbon de bois sur le plateau Mahafaly, sud-ouest de Madagascar, Thèse de Doctorat, Université d'Antananarivo », (2017) 229 p.

- [11] - P. MANA, S. RAJAONARIVELO et P. MILLEVILLE, « Production de charbon de bois dans deux situations forestières de la région de Tuléar », *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar. Actes de l'Atelier CNRE-IRD*, (1999) 8 - 10 p.
- [12] - R. RANDRIAMANARIVO, « L'activité charbonnière dans les économies paysannes (axe routier Andranovory-Tuléar RN7), in: Razanaka, S., Grouzis, M., Milleville P., Moizo B., Aubry C. (Eds.), *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar, Antananarivo* », (2001) 211 - 221
- [13] - NL AGENCY, « Making charcoal production in Sub Sahara Africa sustainable. NL Agency, Utrecht », (2010)
- [14] - D. J. GUMBO *et al.*, *Dynamics of the charcoal and indigenous timber trade in Zambia: A scoping study in Eastern, Northern and Northwestern provinces*, CIFOR, Vol. 86, (2013)
- [15] - K. KOUAMI, N. YAOVI et A. HONAN, « Impact of charcoal production on woody plant species in West Africa: A case study in Togo », *Scientific Research and Essays*, Vol. 4, N° 9, (2009) 881 - 893 p.
- [16] - A. E. DARBOUX, E. GBOZO, A. Y. J. AKOSSOU, et K. KOKOU, « Influence of wood humidity of three species (*Prosopis africana*, *Anogeissus leiocarpa* and *Tectona grandis*) on the production of charcoal by the traditional wheel », *Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels*, Vol. 4, N° 4 (2013) 64 - 71 p.
- [17] - P. MUNDHENK, O. GOMIS et M. COUMBA, « Comparaison des rendements de production de charbon de bois entre la meule traditionnelle et la meule Casamance dans la forêt communautaire de Sambandé, Programme pour la promotion de l'électrification rurale et de l'approvisionnement durable en combustibles », *Peracod GTZ Août*, (2010)
- [18] - D. BRIANE et A. HABERMAN, « Base expérimentale de carbonisation de Saint Martin de Londres: essais comparatifs de six systèmes de carbonisation artisanale », (1984)
- [19] - S. H. HIBAJENE, *Assessment of earth kiln charcoal production technology*. SEI, (1994)
- [20] - T. F. OGOUIDÉ, « Mise au point d'une meule à cheminée de type casamançaise «Casa GV» adaptée aux zones de production du charbon de bois au Bénin », *Rapport d'étude*, (2010) 21 p.
- [21] - B. NDOUR, « Essai de carbonisation du bois et de la tourbe en four métallique transportable. Analyse du produit final », (1986)