



## Full Length Research Paper

# Influence de la teneur en amidon de manioc sur la qualité d'un biocharbon à base de sciure de bois et d'amidon de manioc

Ovo Sandrine Flora AUGOU\*, Souleymane OUATTARA, Mamery Adama SERIFOU, Conand Honoré KOUAKOU, Ange Christine DJOHORE, Edjikémé EMERUWA

Laboratoire de Géomatériaux, UFR-STRM, Université Félix Houphouët Boigny- Abidjan, Côte d'Ivoire

Received November 2019 – Accepted December 2019



\*Corresponding author. E-mail: [sandrineaugou@gmail.com](mailto:sandrineaugou@gmail.com)

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License.

## Résumé:

Cette étude propose une solution palliative aux problèmes causés par le charbon de bois et la sciure de bois en Côte d'Ivoire en utilisant cette sciure de bois (Sb) et l'empois d'amidon (EA) pour confectionner des biocharbons. A la suite d'une étude précédente, le mélange des deux matières se fait suivant les rapports EA/Sb égal à 0,87 et 1. Les biocharbons sont soumis aux analyses immédiates afin de déterminer leur qualité et leur possibilité d'être utilisés. Les résultats ont montrés que les biocharbons ont un taux de carbone fixe respectivement égal à 42,43 % et 41,66 % ; puis celui du charbon de bois est de 65 %. En se référant à la classe du charbon minéral, les biocharbons appartiennent à la qualité inférieure (classe des tourbes) et le charbon de bois appartient à la qualité moyenne. Par conséquent, tout comme la tourbe, les biocharbons peuvent être utilisés pour les petites forges de couteliers, les activités domestiques etc... .

**Mots clés:** Influence, Qualité, Biocharbon, Sciure de bois, Empois d'amidon

## Cite this article:

Ovo Sandrine Flora AUGOU, Souleymane OUATTARA, Mamery Adama SERIFOU, Conand Honoré KOUAKOU, Ange Christine DJOHORE, Edjikémé EMERUWA (2019). Influence de l'amidon de manioc sur la qualité d'un biocharbon à base de sciure de bois et d'amidon de manioc. Revue RAMReS – Sci. Appl. & de l'Ing., Vol. 1(1), pp. 01-05. ISSN 2630-1164.

## 1. Introduction

Les combustibles sont des corps susceptibles de réagir avec l'oxygène pour se consumer. Cette réaction est dite réaction exothermique Ils sont principalement composés d'atome de carbone et d'hydrogène [1]. On peut les subdiviser en trois classes : les combustibles solides, les combustibles liquides et les combustibles gazeux. Tous les combustibles solides sont d'origines végétales à l'exception des propergols [1]. Comme combustibles solides, nous avons le bois et le charbon minéral. Quant aux combustibles liquides, voir gazeux, ils proviennent généralement du pétrole [2]. Les combustibles solides, en particulier le charbon est une roche sédimentaire de combustibles minérales qui s'est formée au Carbonifère, par une transformation lente d'organismes morts sédimentés, sous l'action de la pression et de la température au cours des temps géologiques [3]. Le charbon peut aussi s'obtenir par pyrolyse du bois à une température inférieure à 600 °C à l'absence de l'air [4], [5]. Il correspond aux charbons ligneux et est appelé communément charbon de bois. La qualité du charbon en générale varie en fonction de la teneur en carbone. Ainsi de façon générale, on classe

le charbon minéral en trois lignées principales dont les termes : tourbe (la teneur en carbone peut atteindre 50 à 55 %), lignite (55 à 75 % de carbone), houille (classe intermédiaire contenant 75 à 90 % de carbone) et anthracite (teneur en carbone supérieure à 90 %) caractérisent les rangs successifs de combustibles de plus en plus riches en carbone [6]. Pour les classer, les charbons sont analysés sur le taux en humidité, en matière volatile, en cendre et en carbone fixe. Par ailleurs, le charbon ligneux ainsi que le bois de chauffe sont les combustibles les plus utilisés en Afrique. En Côte d'Ivoire, le charbon de bois est l'une des principales sources d'énergie domestique [7]. Malheureusement, l'utilisation de ces combustibles entraîne de nombreuses conséquences à savoir la déforestation, la désertification. De plus l'exploitation du bois par les scieries produit beaucoup de sciure de bois nuisible à l'environnement. Pour remédier à ce problème, Il est nécessaire de diversifier les sources d'énergie domestique afin de diminuer la pression exercée sur les ressources forestières. Ainsi nous utilisons les déchets de bois provenant des scieries pour confectionner nos combustibles. Afin de déterminer la

qualité des biocharbons élaborés, nous étudierons l'influence de l'amidon sur la teneur en humidité, en matière volatile, en cendre et en carbone fixe des combustibles.

## 2. Matériel et méthodes d'études

### 2.1 Présentation et traitement des matières premières

Les matières premières utilisées pour confectionner les biocharbons sont la sciure de bois de l'Iroko (*Chlorophora excelsa*) et l'amidon de manioc (*Manihot exculenta*). Le choix a porté sur ses matières à cause de leur disponibilité et les dégâts environnementaux causés par la sciure de bois. L'empois d'amidon servira de liant pour agglomérer les particules de la sciure. Les deux matières font l'objet d'un traitement et d'une analyse immédiate pour en déterminer leurs teneurs en matières volatiles avant d'être utilisés.

### 2.2 Méthodes d'élaboration

Pour élaborer les biocharbons, une masse de sciure de bois (Sb) est mélangée à une masse d'empois d'amidon (EA) suivant les rapports EA/Sb égale à 0,87 et 1. La pression de compactage des combustibles est 500 KPa. Une étude sur le choix de la meilleure formulation des biocharbons a montré que les rapports 0,87 et 1 sont idéals. La poursuite de ce travail, nous amène à étudier la qualité des biocharbons obtenus avec de telles proportions.

### 2.3 Méthodes de caractérisation

Les biocharbons ont fait l'objet d'une analyse immédiate pour en déterminer les différents constituants à savoir : la teneur en humidité, la teneur en matières volatiles, la teneur en cendre et la teneur en carbone fixe. Ces différentes teneurs sont obtenues à l'aide d'un four à moufle selon la norme **NF EN 1860-2** excepté le taux d'humidité qui a été déterminé à l'aide d'une étuve à 105 °C. Ils sont comparés au charbon de bois (combustible témoin) acheté auprès des vendeurs locaux de la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire.

#### 2.3.1 Détermination de la teneur en humidité

La détermination du taux d'humidité des biocharbons est très importante, elle permet de connaître la teneur en eau des composites. En effet, un charbon humide ne donne pas un bon rendement énergétique et ne convient pas pour la production de la fonte des métaux. Les spécifications fixent généralement la limite de la teneur en humidité dans l'ordre de 5 à 10 % [8]. La teneur en humidité est déterminée à 105°C pendant une heure dans une étuve à l'air chaud. Le calcul de l'humidité se fait à partir de la perte de masse par rapport à la masse initiale de l'échantillon supposé sec. L'expression des résultats est donnée par la formule suivante :

$$H = \frac{m_h - m_{sh}}{m_h} \times 100 \quad (\text{Eq.1})$$

mh= masse initiale de l'échantillon supposé sec; ms= masse sèche après étuvage.

#### 2-3-2 Détermination de la teneur en matières volatiles

L'indice de matières volatiles est la perte de masse au feu exprimée en pourcentage, obtenue dans les conditions normalisées, après pyrolyse du charbon chauffé à l'abri de l'air à 950°C pendant 7 min. Il s'agit de tous les résidus liquides et goudronneux qui ne sont pas totalement éliminés lors de la carbonisation. La présence de la MV dans le combustible permet l'allumage de celui-ci. Ainsi, un charbon qui possède une teneur élevée en MV s'enflamme facilement et rapidement avec une flamme fumeuse. Par contre lorsqu'il contient moins de MV, il s'allume difficilement avec une flamme claire. La limite de la teneur en MV pour éviter l'allumage du combustible avec une flamme fumeuse est de l'ordre de 40% environ [8]. L'expression des résultats de l'indice de matières volatiles du combustible est donnée par la formule suivante :

$$MV = 100 \left( \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \right) - H \quad (\text{Eq 2})$$

m1= masse du creuset vide et son couvercle, m2= masse du creuset, du couvercle et du biocharbon avant chauffage, m3= masse du creuset, de son couvercle et de l'échantillon après chauffage, H= humidité en pourcentage massique du biocharbon analysé

#### 2-3-3 Détermination de la teneur en cendres

Le taux de cendre des biocharbons correspond aux matières organiques incombustibles [9]. Lorsque la teneur est supérieure à 5 % la cendre du charbon contient alors des matières minérales (argile, silice etc...). La limite de la teneur est de l'ordre de 0,5 à 5 % ; mais pour les charbons de particule fine, la limite de la teneur est de l'ordre de 5 à 10 %. L'expression des résultats de la teneur en cendres exprimée en pourcentage en masse du combustible brut est donnée par la formule suivante :

$$Ce = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (\text{Eq3})$$

m1= masse de la nacelle, m2= masse de la nacelle et du charbon, m3= masse de la nacelle et des cendres.

A la fin des trois essais, on en déduit la teneur en carbone fixe.

#### ➤ Calcul du taux de carbone fixe des combustibles

La teneur en carbone fixe est généralement estimée par différence autrement dit on retranche de 100 les pourcentages de tous les autres constituants et on admet que le reste est le pourcentage de carbone fixe.

$$CF = 100 - (H + MV + Ce) \quad (\text{Eq 4})$$

H= L'humidité totale ; Ce= La teneur en cendre ; MV= La teneur en matières volatiles.

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1 Traitement des matières premières

La sciure de bois (Sb) est carbonisée à une température de 548 °C et tamisée avec un tamis de 2 millimètre pour obtenir des particules dont la taille est inférieure à 2 millimètre. Quant à l'amidon de manioc, il est transformé en empois d'amidon (EA). L'analyse immédiate sur l'empois d'amidon a montré que le taux de MV de l'EA est de 99,83 % alors que celui de la sciure de bois carbonisée est de 36 %.



Figure 1 : Sciure de bois carbonisée



Figure 2 : Empois d'amidon

#### 3.2 Influence du rapport EA/Sb sur le taux d'humidité des biocharbons

L'humidité est une propriété indésirable d'un combustible car elle réduit son rendement énergétique. Les résultats obtenus sur l'humidité des biocharbons sont donnés sur la figure ci-dessous.

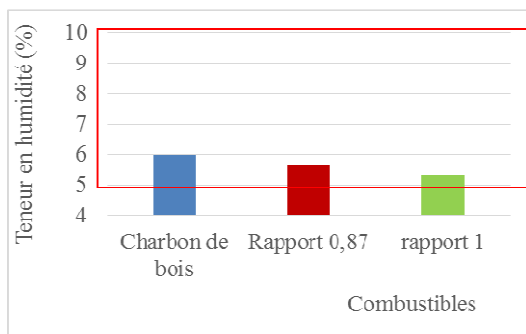


Figure 3 : Taux d'humidité des combustibles

La figure montre la variation de la teneur en humidité des combustibles en fonction du rapport EA/Sb. Le taux d'humidité du charbon de bois est de 6 % ; celui des biocharbons de rapport 0,87 est 5,66 % et 5,33 % pour le rapport 1. La teneur en humidité des combustibles doit être comprise entre 5 et 10 % pour ne pas affecter de manière significative les propriétés physiques des combustibles et leur efficacité énergétique [8]. Les résultats obtenus montrent que la teneur en humidité des combustibles est comprise entre 5 et 10 % qui correspondent à la zone de teneur en humidité acceptable. La teneur élevée en humidité du charbon de bois par rapport aux biocharbons peut être liée à la condition de stockage par les vendeurs. La teneur en humidité des biocharbons de rapport 0,87 est légèrement supérieure à celle de rapport 1. L'utilisation de l'empois d'amidon donne une teneur d'humidité qui n'affectera pas l'efficacité énergétique des biocharbons. Ce résultat est conforme à celui de PERACOD [10] dans ses travaux sur « Etude finale sur la faisabilité technico-économique du développement d'une filière de valorisation du Typha australis en combustible domestique par la technologie de carbonisation « 3fûts » dans le delta du fleuve Sénégal ». De même, Oyelaran *et al.*, [11] dans leur

travaux sur la confection de briquettes de charbon à base de charbon sous-bitumineux, les déchets de feuille et de pseudotrac de bananes aggloméré avec l'amidon de manioc ont montré que plus les déchets de bananes sont élevés dans la composition avec la présence de l'amidon, plus le taux d'humidité augmente. La teneur en amidon n'est pas définie, mais les combustibles ont été réalisés en faisant varier les teneurs du charbon et des déchets.

#### 3.3 Influence du rapport EA/Sb sur le taux de matières volatiles des biocharbons

Les matières volatiles renseignent sur l'allumage des combustibles. Ils permettent de savoir si les combustibles s'allument facilement ou difficilement ; s'ils brûleront avec une bonne flamme ou non et s'ils produiront de la fumée ou non. Un matériau très volatil brûlera facilement.

Les résultats obtenus sur le taux des matières volatiles des combustibles sont présentés sur la figure ci-dessous.

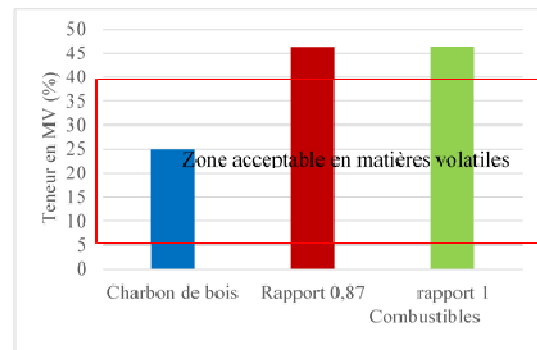


Figure 4 : Taux de matières volatiles des combustibles

La figure montre que le charbon de bois à un taux de MV égale à 25 % et les biocharbons ont un taux de MV égal à 46,41 % pour le rapport 0,87 et 46,51 pour celui de rapport 1. Le charbon de bois contient moins de MV par rapport aux deux autres matériaux. En effet, La limite de la teneur en MV pour éviter l'allumage du combustible avec une flamme fumeuse est de l'ordre de 40 % environ [8]. Les combustibles contiennent un taux en MV sensiblement élevé par rapport à la limite définie par FAO. Ce taux de matière volatile élevée dans les biocharbons est lié à la présence de l'empois d'amidon qui a servi de liant dont le taux de MV est égal à 99,83 % alors que celui de la sciure de bois carbonisée est de 36 %. Ainsi, lorsque l'EA est abondant dans le biocharbon, le taux de MV est élevé (46,51 %). Par conséquent, les biocharbons s'allumeront facilement et produiront faiblement la fumée pendant l'inflammation. Les résultats obtenus sont conforme à ceux de Oyelaran *et al.*, qui montrent que la teneur en matières volatiles augmente avec l'augmentation des déchets organiques.

#### 3.4 Influence du rapport EA/Sb sur le taux de cendre (TCe) des combustibles

Le taux de cendre désigne le taux de matière minérale contenu dans le combustible. Lorsque la teneur est supérieure à 10 %, le matériau contient un taux

d'impureté élevé. Les résultats obtenus sur le taux de cendre des combustibles sont présentés sur la figure 4 ci-dessous. Elle montre que le charbon de bois a un TCe égale à 3 %, les biocharbons de rapport 0,87 et 1 ont un TCe respectivement égal à 5,5 et 6,5 %. Le TCe élevé des combustibles élaborés est dû à la présence de matières minérales et d'impuretés contenues dans le combustible.

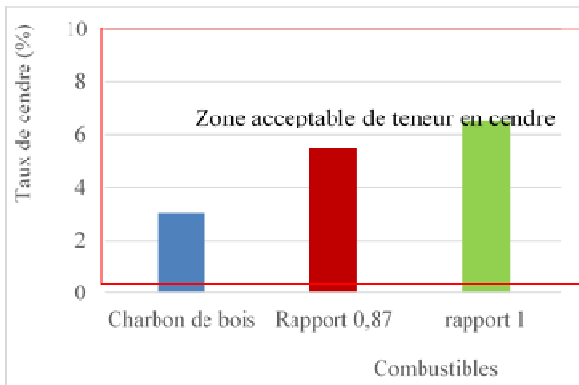


Figure 5 : Taux de cendre des combustibles

Après leur combustion, la cendre obtenue augmente de volume lorsque l'EA est abondant et la couleur est grisâtre à cause de la présence de l'empois d'amidon (figure 5). Cependant, pour une même quantité de biocharbon, plus le rapport EA/Sb est élevé, plus le TCe est élevé.

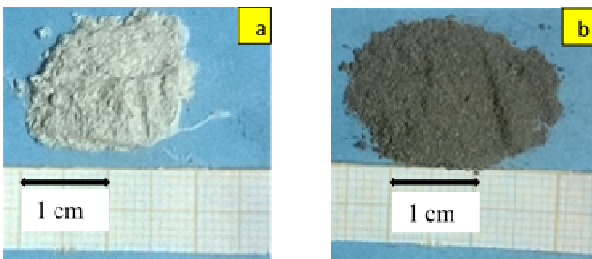


Figure 6 : Cendre des combustibles : a) sciure de bois calcinée sans liant, b) sciure de bois carbonisée agglomérée avec empois d'amidon.

### 3.5 Influence du rapport EA/Sb sur le taux de carbone fixe (TCF) des combustibles

La valeur est donnée à partir des résultats obtenus sur le taux d'humidité, de MV et de TCe. Les résultats sont représentés sur la figure ci-dessous.

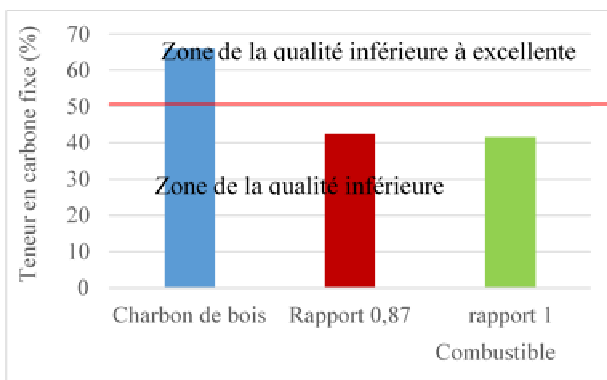


Figure 7 : Teneur en carbone fixe

La figure montre la variation de la teneur en carbone fixe en fonction du type de combustible utilisé. Le charbon de bois a une teneur en carbone fixe plus élevée (65 %) que celle des biocharbons. Lorsque le rapport EA/Sb est de 0,87 ; la teneur en carbone fixe est de 42,43 % et 41,66 % pour le rapport 1. Le TCF est élevé lorsque le combustible ne contient pas beaucoup de liant. En effet, le TCF détermine la qualité du combustible. Lorsqu'il est élevé, il permet au combustible de brûler le plus longtemps possible et d'avoir un pouvoir calorifique élevé [9]. La teneur du charbon de bois en carbone fixe varie entre un minimum de 50 % et un maximum de 95 % [8]. En dessous de cette limite, le combustible se consumera plus vite. Dans cette étude, les résultats montrent que la teneur en carbone du charbon de bois utilisées est comprise dans l'intervalle donné et celle des biocharbons est inférieure à la limite quel que soit le rapport EA/Sb. Ainsi, les combustibles auront tendance à se consumer plus vite que le charbon de bois.

## 4. Conclusion

Au terme de cette étude, quatre analyses ont été réalisées sur les biocharbons pour déterminer la teneur en humidité, la teneur en matières volatiles, la teneur en cendres et la teneur en carbone fixe en fonction des rapports empois d'amidon (EA)- sciure de bois (Sb) égal à 0,87 et 1. Il ressort que les biocharbons ont une teneur en humidité respectivement égale à 5,66 % et 5,33 % et une teneur en matières volatiles égale à 46,41 % et 46,51 %. En outre, la teneur en cendres est respectivement égale à 5,5 % et 6,5 %. Par conséquent, la teneur en carbone fixe des biocharbons est de 42,43 % à 41,66 %. Elle diminue avec l'augmentation de la teneur en empois d'amidon. Comparé au charbon de bois de teneur en carbone fixe égale à 65 %, les biocharbons ont une teneur en carbone fixe inférieure. En se référant à la classe du charbon minéral, les biocharbons appartiennent à la classe des tourbes dont la qualité est inférieure par rapport aux autres classes. Par conséquent, tout comme la tourbe, les biocharbons seront profitables pour les petites forges de couteliers et de fourbisseurs, etc... et pour des activités domestiques [12].

## Remerciements

Cette étude est une partie d'un projet de recherche soutenu par le PASRES. Les auteurs souhaiteraient remercier le PASRES pour sa contribution financière.

## REFERENCES

- [1] Combustion (2019). Disponible auprès de <ftp://ftp.fsr.ac.ma/cours/physique/bargach/Chap2.pdf>. Consulté le 3 Mai 2019.
- [2] Pétrole. (2019). Disponible auprès de <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/formation-du-petrole> consulté le 05 Mai 2019.
- [3] Futura environnement. (2014) : Charbon. Disponible auprès de

<http://www.futura->

[sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/developpement-durable-charbon-6636/](http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/developpement-durable-charbon-6636/) .Consulté le 15-04-2014.

[4] Cluet B. et Pénot R. (2011). Valorisation énergétique du typha. Rapport de projet de fin d'études - Ingénieur 3ème année à LERMAB pp. 51.

[5] Mfouapon D. E. (2007). Etude de faisabilité d'une unité de production de charbon vert. Projet d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception à l'université Cheikh : Anta Diop de Dakar, pp. 96.

[6] Gastou M. (2017). Le charbon, matière combustible, pp. 14.

[7] PNUD. (2012) : Etude Nama sur le charbon de bois durable en Côte d'Ivoire, pp. 80

[8] FAO. (2018). Forêt ivoirienne. Disponible auprès de <http://intellivoire.net/foret-ivoirienne-letat-des-lieux-et-operation-de-reboisement/> consulté en 2019.

[9] Combustible solides. (2019). Disponible auprès de <https://www.centreatipoisons.be/monoxyde-de-carbone/comment-viter-les-intoxications-co/les-combustibles/les-combustibles-solides> consulté le 12 Mai 2019.

[10] PERACOD. (2006). Etude finale sur la faisabilité technico-économique du développement d'une filière de valorisation du Typha australis en combustible domestique par la technologie de carbonisation « 3fûts » dans le delta du fleuve Sénégal, pp. 23.

[11] Oyelaran O. A.; Olorunfemi B. J.; Sanusi O. M.; Fagbemigun A. O.; Balagun (2018). Investigating the performance and combustion characteristics of composite bio-coal briquette, Journal of materials and engineering structures, n°5 pp. 173- 184.

[12] Zurich (1846). Carbonisation de la tourbe, pp. 74-82.