

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie

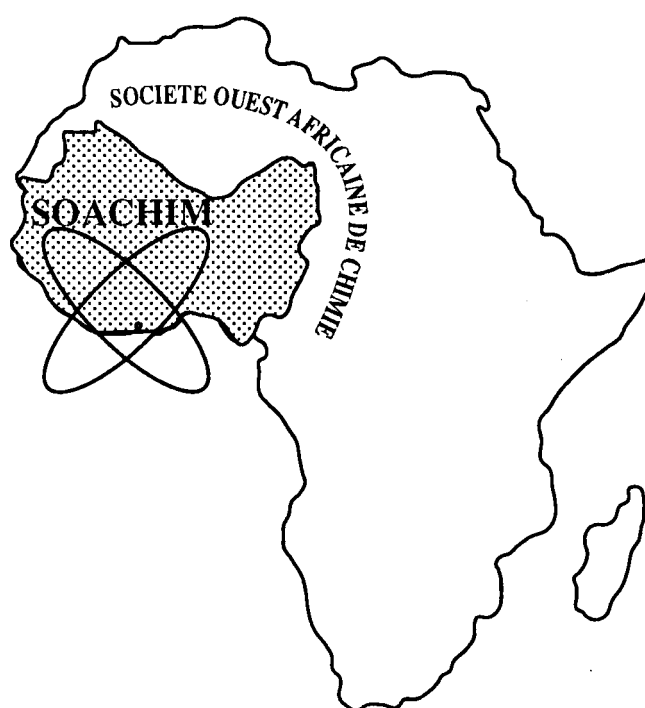
J. Soc. Ouest-Afr. Chim.

Code Chemical Abstracts : JSOCF2

Cote INIST (CNRS France) : <27680>

ISSN 0796-6687

17^{ème} Année, Juin 2012, N° 033



Site Web: <http://www.soachim.org>

Investigations préliminaires des caractéristiques carburant de trois huiles végétales disponibles au Bénin

Gontrand Bagan^{1*}, Emile A. Sanya¹, Malahimi Anjorin¹,
Tindo Sébastien Djenontin², Ezéchiél Alloba¹, Dominique C. K. Sohounhloue²

1. Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquées (LEMA), EPAC – Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009 Cotonou, Bénin.
2. Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC).

(Reçu le 06/ 08/2010 – Accepté après corrections le 15/05/2012)

Résumé : Le présent travail constitue les premières investigations, des caractéristiques carburant de trois huiles végétales disponibles au Bénin : *Gossypium hirsutum* (coton), *Jatropha curcas* (pourghère), *Eleais guineensis* (noix de palme non torréfiées et torréfiées). De ces investigations, il résulte que l'indice d'acide de l'huile de coton raffinée commerciale (0,315 mg KOH/g) est nettement inférieur à ceux des autres échantillons (1,863 - 6,204 mg KOH/g), mais reste supérieur à celui du gasoil (0,131mg/g) et à la limite de 0,2 - 0,5 mg KOH/g maxi requise pour une application carburant. Les densités (0,815 – 0,881) sont plus faibles que les données de la littérature. Les viscosités des échantillons (37 – 45mPa.s) sont 4 fois plus élevées que celle du gasoil (9,7mPa.s) et les PCI sont de l'ordre de 38921 – 48830 KJ/Kg contre 43669KJ/Kg pour le gasoil. Les huiles étudiées ont révélé des caractéristiques très éloignées des limites des tables de spécification ASTM D6751 et EN 14214, pour la plus part des paramètres étudiés, ce qui démontre la difficulté d'obtenir des huiles répondant aux critères de qualité requise pour une utilisation carburant, sans une purification ou traitement adéquat.

Mots clés : Huiles végétales, Caractéristiques carburant, *Gossypium hirsutum*, *Jatropha curcas*, *Eleais guineensis*, Bénin.

Preliminaries investigations of fuel characteristics of three available vegetables oils in Benin.

Abstract : This work constitutes the first investigations, of the fuel characteristics of three vegetable oils available in Benin: *Gossypium hirsutum* (cotton), *Jatropha curcas* (Physic nut), *Eleais guineensis* (roasting and not roasting nuts). The results show that the acid value of the refined cotton oil (0.315 mg KOH/g) is quite lower than the data recorded for the other samples (1.863 – 6.204 mg KOH/g), but higher than gas oil (0.131mg/g) and the standard (0.2 – 0.5 mg KOH/g maxi) necessary for fuel application. The densities (0.815 – 0.881) are lower than literature data. Viscosities of the samples (37 – 45mPa.s) are four times higher than gas oil (9.7mPa.s) and the heating value ranged 38921 to 48830 KJ/Kg against 43669 KJ/Kg for gas oil. Those characteristics are very far away from the limits of standard ASTM D6751 and EN14214 and show the difficulty to achieve the quality necessary for fuel application, without a purification or adequate treatment.

Key Words: Vegetable oils, fuel characteristics, *Gossypium hirsutum*, *Jatropha curcas*, *Eleais guineensis*, Benin.

* Auteur de correspondance : bagan28@yahoo.fr

1. Introduction

L'humanité est dépendante des ressources fossiles non seulement pour les besoins énergétiques (transport, chauffage), mais aussi pour l'approvisionnement en matières premières pour les industries. Malheureusement, d'ici à cinquante ans, les réserves pétrolières mondiales qui constituent l'essentiel de la matière première des industries chimiques vont s'épuiser [1]. L'Afrique a besoin de sources d'énergie propres et renouvelables. Sa dépendance envers les carburants fossiles, le bois de chauffe et le charbon de bois limite fortement son développement économique et social. Les besoins en énergie du continent augmentent très rapidement en fonction de la poussée démographique et de l'urbanisation. Elle doit, passer des sources traditionnelles d'énergie à de nouvelles, améliorer les économies d'énergie, puis explorer le potentiel en énergies renouvelables.

Le Bénin dispose d'un potentiel d'espèces oléagineuses comme *Gossypium hirsutum*, *Jatropha curcas* et *Eleais guineensis*, dont il peut disposer en permanence de milliers d'hectares sans concurrencer les ressources alimentaires [2, 3]. Les graines oléagineuses de ricin, de colza, du tournesol (Europe), du soja (Brésil, Etats-Unis), du palmier à huile (Malaisie, Inde, Congo) sont d'ores et déjà utilisées pour produire des huiles végétales pures comme substitut du gazole [4, 5]. Plusieurs organisations non gouvernementales se préoccupent maintenant de la valorisation énergétique d'huile brute de *Jatropha curcas* par la mise en place de plantations et des démonstrations publiques de démarrage de vieux moulins. A l'opposé, aucune technique de purification et de détermination des critères de qualité pour une utilisation des huiles végétales comme carburant n'est encore enregistrée au Bénin [6, 7].

Kpoviessi et al (2004), Djenontin et al, (2006) [8, 9] ont analysé la composition chimique et quelques caractéristiques physique et chimique de l'huile de *Jatropha curcas* sans déterminer ses caractéristiques carburant. Les paramètres de contrôle de qualité des huiles végétales carburant sont : teneur en eau, taux de

sédiments, indice d'acide, teneur en phosphore, taux de cendres, viscosité, point éclair, indice de cétane, indice d'iode, PCI [7, 10, 11].

Le présent article constitue les premières investigations au Bénin, des caractéristiques carburant d'huiles végétales d'espèces disponibles au Bénin : *Jatropha curcas* (pourghère), *Eleais guineensis* (palme), *Gossypium hirsutum* (coton), obtenues respectivement par soxhlet, par procédés traditionnels et par raffinage chimique. L'indice d'acide, la densité, la viscosité et le pouvoir calorifique inférieur (PCI) ont été déterminés et comparés aux limites des spécifications.

2. Partie expérimentale

2.1. Matériel végétal

La récolte des graines de *Jatropha curcas* a été faite respectivement à Lokossa et à Porto-Novo. Les graines ont été convenablement séchées au soleil, triées et débarrassées de toutes les impuretés puis enfin broyées finement au moulin motorisé du Programme Technologies Agro Alimentaire (PTAA) de l'Institut National de Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) de Porto-Novo. Les amandes ont été conditionnées à 22°C dans du papier aluminium avant l'extraction de l'huile.

2.2. Obtention des huiles

L'huile de *Jatropha curcas* a été extraite au Soxhlet avec de l'hexane à 69°C.

Les huiles de noix de palme et de coton raffinée produite par la Société des Huiles du Bénin (SHB), ont été achetées sur le marché de Lokossa (Mono).

Le gasoil a été acheté dans une station-service de la Société Nationale de Commercialisation des Produits Pétroliers (SONACOP) à Lokossa (Mono).

2.3. Détermination des caractéristiques carburant des huiles

La détermination de l'indice d'acide a été faite par la méthode IUPAC [12]. La densité, la viscosité et le pouvoir calorifique inférieur ont été déterminés par les normes DIN EN ISO 3675, DIN EN ISO 3104 et DIN 51 900 T3, respectivement [13].

3. Résultats et discussion

3.1. Indice d'acide

L'indice d'acide des huiles végétales brutes est souvent élevé à cause des acides gras libres issus de l'hydrolyse partielle des chaînes triglycéridiques. Une acidité élevée provoque une augmentation de la formation des dépôts, surtout dans le système d'alimentation et entraîne l'obturation des filtres et des injecteurs, mais également une corrosion des pièces métalliques [14, 15]. Sa valeur doit être inférieure à 0,2 – 0,5 mg KOH/g maxi selon EN 14214, pour faciliter une application carburant. Les **tableaux I et II** montrent que les huiles de graines de coton et de *Jatropha curcas* ont un indice d'acide de 1,863 mg KOH/g. Ces données sont dans le même ordre de grandeur que les valeurs mentionnées par Djenontin et al, (2006) et Kpoviessi et al, (2004) [8, 9] (1,1 et 3 mg KOH/g, respectivement). Ces indices d'acide, hormis celui de l'huile de coton raffinée (0,315 mg

KOH/g), sont tous supérieurs aux limites fixées entre 0,2 et 0,5 mg KOH/g par les tables de spécification (European Committee for Standardization, EN 14214 et American Society of Testing Materials, ASTM D 6751). Cela s'explique par le degré de purification de cette huile obtenue par raffinage chimique.

Les valeurs obtenues pour les indices d'acide reflètent la difficulté d'obtenir dans les conditions tropicales des échantillons d'huiles végétales carburant sans autres traitements spécifiques (décantation, filtration, neutralisation) [7]. Les valeurs élevées obtenues pour les indices d'acides des huiles de noix de palmiste torréfiées et non torréfiées (4,192 et 6,204 mg KOH/g, respectivement) seraient liées au procédé de conditionnement et d'extraction où des réactions d'hydrolyse auraient contribué à une dégradation de la matrice végétale (**Tableau III**). De plus, la torréfaction des noix aurait réduit l'acidification.

Tableau I : Quelques caractéristiques carburant d'huile brute de *Jatropha curcas* comparée au Gasoil et aux Limites ASTM D6751 et EN 14214

	Unités	Huile de <i>Jatropha curcas</i>	Gasoil	Limites ASTM D6751, et EN 14214	
				Min	Max
Indice d'acide	mg KOH/g	1,863 ± 0,009	0,1 – 0,2	0,2	0,5
Densité (30°C)	kg/m ³	815	773	900	930
Viscosité (30°C)	mm ² /s	37,572 ± 0,856	9,720 ± 0,371	-	38
PCI	KJ/Kg	41.940 ± 3826	43.669 ± 1.356	35.000	-

Tableau II : Quelques caractéristiques carburant d'huile brute de *Gossypium hirsutum* (coton) comparée au Gasoil et aux Limites ASTM D6751 et EN 14214

	Unités	Huile de coton	Gasoil	Limites ASTM D6751, et EN 14214	
				Min	Max
Indice d'acide	mg KOH/g	0,315 ± 0,000	0,1 – 0,2	0,2	0,5
Densité (30°C)	kg/m ³	855	773	900	930
Viscosité (30°C)	mm ² /s	44,997 ± 1,266	9,720 ± 0,371	-	38
PCI	KJ/Kg	38.921 ± 2.087	43.669 ± 1.356	35.000	-

Tableau III : Quelques caractéristiques carburant d'huile brute de noix de *Eleais guineensis* (Palme) comparée au Gasoil et aux Limites ASTM D6751 et EN 14214

	Unités	Huile de noix de palme brutes	Huile de Noix de palme Torréfiées	Gasoil	Limites ASTM D6751, et EN 14214	
					Min	Max
Indice d'acide	mg KOH/g	6,204 ± 0,011	4,192 ± 0,005	0,1 – 0,2	0,2	0,5
Densité (30°C)	kg/m ³	881	845	773	900	930
Viscosité (30°C)	mm ² /s	37,849 ± 0,981	38,655 ± 1,605	9,720 ± 0,371	-	38
PCI	KJ/Kg	40550 ± 2.621	48.830 ± 3.443	43.669 ± 1.356	35.000	-

3.2. Densité

En général la densité des huiles végétales ne varie pas énormément. Les densités à 30°C mesurées sont plus faibles que les données de la littérature obtenues à 20 et 25°C respectivement (0,900 – 0,920) [8, 9, 16, 17] et sont dans les limites des tables de spécification ASTM D6751 et EN 14214 fixées à 0,900-0,930. Cette différence pourrait se justifier par la différence de température de mesure (20, 25 et 30°C). Elle peut aussi se justifier par la méthode d'extraction et la dénaturation par contamination des huiles achetées sur le marché.

3.3. Viscosité

Les huiles végétales ont en général une viscosité dix à trente fois supérieure à celle du gasoil à 40°C et 0°C respectivement. Une viscosité élevée ne favorise pas la pulvérisation ou l'atomisation lors de l'injection du carburant. La pression requise pour l'injection devra augmenter et le rendement de la combustion sera médiocre. Cela provoque des imbrûlés qui engendrent l'encrassement du cylindre, du piston et l'obstruction des organes d'alimentation en carburant [14, 15, 18]. Sa valeur maximale acceptée pour une application carburant est fixée à 38 mm²/s. Les viscosités mesurées à 30°C de l'ordre de 37 – 45 mm²/s sont élevées par rapport à celle du gasoil mesurée dans les mêmes conditions (9,7 mm²/s). Ces données sont dans les limites des spécifications ASTM D6751 et EN 14214. Elles diffèrent de celles mentionnées par Vaitilingon (2006) [16] pour des mesures effectuées à 20°C révélant ainsi l'influence de la température sur la viscosité qui diminue avec l'élévation de la température [5] et l'influence de la provenance des échantillons achetés sur le marché.

3.4. Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI)

En général, les huiles végétales ont un PCI plus faible que celui du gasoil de l'ordre de 5 à 18%. Cela entraîne, pour une même puissance demandée, une consommation plus élevée d'huiles végétales par rapport au gasoil. Une élévation de la consommation d'huile contribue à l'encrassement et au vieillissement plus vite

des pièces métalliques. Sa valeur minimale pour une application carburant est fixée à 35.000 KJ/Kg.

Les valeurs des PCI des huiles, de coton d'une part, et des noix de palmiste non torréfiées de l'autre, sont relativement faibles, comparées à celle du gasoil et sont dans les limites des spécifications ASTM D6751 et EN 14214 fixées (35000 KJ/Kg, mini) (**Tableaux 2 et 3**). Ces données sont relativement plus élevées que celles proposées par Vaitilingon (2006) et Baminas et al, (2001) [17, 19] pour l'huile de *Cyperus esculentus*. Le PCI de l'huile de *Jatropha curcas* (41940 KJ/Kg), est proche de celui du gasoil (43669KJ/Kg) et des données de la littérature [20]. Il faut souligner par ailleurs que contrairement à l'indice d'acide, les PCI des huiles de noix de palmiste torréfiées sont supérieurs à ceux des noix non torréfiées.

De ce qui précède, on peut dire que le soxhlet et les procédés artisanaux d'extraction contribueraient à l'augmentation de l'acidité d'abord à cause de la température et des effets enzymatiques lors de la transformation artisanale des huiles, ce qui les rend impropres à une application carburant. Il est encore difficile de s'approvisionner en huiles végétales carburant sur les marchés, dans les conditions tropicales sans des transformations pour éliminer les impuretés. Cela conduit à la nécessité d'une extraction par presse à froid de l'huile, d'un bon conditionnement et d'une purification par décantation et filtration et selon le cas par une neutralisation [7, 10]. En effet, les normes deviennent de plus en plus sévères et seules les huiles végétales pures (HVP) sont reconnues par la directive européenne (2003/30/CE) comme biocarburant. Ces données démontrent la nécessité de l'élaboration en Afrique de prénormes qui fixeraient les limites requises pour une application carburant des huiles végétales tropicales.

En dehors du PCI, il est difficile d'obtenir des valeurs requises pour les caractéristiques carburant des huiles végétales brutes. L'utilisation de ces huiles dans les moteurs thermiques, sans additif, engendrera la corrosion à chaud et l'usure précoce des pièces de roulement. Cela laisse présager des

comportements thermomécaniques médiocres dans les moteurs diesel [14, 15]. Cependant, elles pourraient être incorporées au gasoil dans des proportions à définir expérimentalement ou purifiées par décantation, filtration afin d'obtenir des huiles végétales pures. Elles pourraient également servir comme lubrifiants [18, 21, 22, 23, 24].

4. Conclusion

Les présentes investigations ont permis de montrer que l'acidité et la viscosité des échantillons d'huile sont très élevées par rapport au gasoil et aux limites des tables de spécification, contrairement au PCI. Cependant, l'indice d'acide est réduit en fonction du niveau de raffinage comme l'a montré les résultats de l'huile de coton. L'acidité et la viscosité sont donc deux paramètres limitant l'utilisation des huiles végétales comme carburant. Au regard de ces premières données obtenues au Bénin, on peut constater que sauf conditions particulières, d'extraction et de purification de ces huiles, il serait difficile, d'obtenir des caractéristiques carburant, en particulier une acidité et une viscosité proches des limites fixées par les tables de spécifications pour une utilisation comme carburant. Les perspectives s'ouvrant à ce travail sont de déterminer les critères de contrôle de qualité des huiles végétales pour une application carburant, ainsi que les essais thermomécaniques sur moteur afin de suivre leur comportement [25].

Remerciements

Aux Autorités de la Haute Ecole Roi Baudouin de l'Institut Supérieur Industriel Catholique du Hainaut à Mons, pour avoir favorisé la réalisation des essais et contribué à l'installation du Laboratoire Chimique et Thermomécanique à l'IUT-Lokossa.

Bibliographie

[1] Rao, G.L.N., Saravanan, S., Clean (2008) 36; 830-834.
 [2] Derksen, J.T., Muuse, G.F., Cuperus, P. Processing of Novel Oil Crops and Seeds Oils. Designer Crops. Ed. Murphy, D. J., Verlag Chemie Weinheim; 1994 ; p.253-281.
 [3] Hill, K., Pure Appl. Chem. (2000) 72; 1255-1264.
 [4] VAITILINGOM, G., LIENNARD, A., Various vegetable oils as fuel for diesel and burners : J. curcas particularities. Biofuels and industrial products from

Jatropha curcas. Gubitz G.M., Mittelbach M., Trabi M. - Graz : Gubitz 1997a; p.98-109
 [5] Pramanik, K., Renew. Energ. (2003) 28;239-248.
 [6] Foild, N., Foild, G., Sanchez, M., Mittelbach, M., Hackel, S., Biores. Technol.(1996) 58; 77-82.
 [7] MARTY, G. "Les huiles végétales pures, de la graine au pot d'échappement, carburant vert.", Ed Tournesol 2005, 93p.
 [8] Kpoviessi, S.D.S., Accrombessi, C.G., Kossouh, C., Soumanou, M.M., Moudachirou, M.C.R. Chimie (2004) 7; 1007-1012.
 [9] Djenontin, S.T., Dangou, J., Wotto, D.V., Sohounhloué, K.C.D., Lozano, P., Pioch, D. J. Soc.Ouest-Afr. Chim. (2006) 22; 59 – 68.
 [10] Mittelbach, M., Bioresour. Technol. (1996) 56; 7-11
 [11] KNOTHE, K., VAN GERPEN, J.,KRAHL J. The biodiesel handbook. Amer. Oil Chem. Soc. Press, 2005, 304p.
 [12] IUPAC, Standard Methods for the analysis of oilseeds, fats and Derivatives. International Union of Pure and Applied Chemistry, Blackwell Scientific Publications, Paquot, C. et Hautfenne, A. Oxford 1987; 7th Revised and enlarged edition.
 [13] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1980): Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter, Method D240-76.
 [14] Stauffer, E., Jour. Forensic Sci. (2005) 50; 1091-1100.
 [15] Stauffer, E., Jour. Forensic Sci. (2006) 51; 1016-1032.
 [16] Vaitilingom, G., Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures ; (2006)15; 144-149.
 [17] HAÏDARA, A.O., Valorisation d'une huile végétale tropicale : l'huile de pourghère. Québec (Canada), Mémoire de Maîtrise ès Sciences Appliquées, Université de Sherbrooke (1996),135p.
 [18] DENIS J; BRIANT J; J-C HIPEAUX,Physico-chimie des lubrifiants: Analyses et essais. Analyses des huiles en services ou usagées. Edition TECHNIP 1997, 460p.
 [19] Baminas, J.T., Maina, H.M., Tahir, S., Kubmarawa, D., Tsware, K.A., Bioresour. Technol. (2001) 79; 87-89.
 [20] De Oliveira, E., Quirino, R.L., Suarez, P.A.Z., Prado, A.G.S., Thermochimica Acta(2006) 450; 87-90.
 [21] Kabuya, A., Haesen, C., Matériaux et Techniques (1995) 1-2; 31-38.
 [22] Novak, M.H., Forêt Wallonne (2002)55-56; 17-21.
 [23] Adamczewska, J., Wilson, D., Jour.Synth. Lubr. (1997) 14; 129-142.
 [24] Anand, O.N, Mehta, J., Tsr Rao P., Jour.Synth. Lubr. (1998) 15; 97-106.
 [25] Fan, X., Wang, X., Chen, F., Geller,D.P., Wan, P.J., The Open Fuels Energy Sci. J. (2008) 1; 40-45.