

Valorisation énergétique de l'huile de ricin pour la production du biodiesel dans les zones arides et semi-arides en Algérie

Rhiad Alloune^{1,2}, Abdelkrim Liazid³, Mohand Tazerout⁴
¹Centre de Développement des Energies Renouvelables, Algérie.
²Université M'hamed Bougara de Boumerdes, Algérie.
³Université des Sciences et de Technologie d'Oran, Algérie.
⁴Ecole des Mines de Nantes, France.
r_alloune@hotmail.com & r.alloune@cder.dz

Résumé : Durant les trois dernières décennies, le biodiesel a connu un développement remarquable, c'est un carburant obtenu à partir des huiles végétales, présentant l'avantage d'être renouvelable non polluant (diminution des gaz à effet de serre), et réduit la dépendance énergétique des pays importateurs du pétrole. Dans cet article, nous nous sommes intéressés à la production d'un combustible à base de l'huile de ricin comme plante locale et non alimentaire. L'huile de ricin est extraite par la méthode du soxhlet avec un rendement de 53%.

La production du biodiesel est obtenue par la réaction de trans-estérification, (qui consiste à ajouter à l'huile de l'éthanol ou du méthanol) avec un taux de conversion de 70%. Les propriétés physico-chimiques déterminées sont très intéressantes et proche de celle du diesel, pour constituer un substitut au carburant diesel.

Mots clés :

Plantes huile de ricin, extraction, trans-estérification, biodiesel.

1. Introduction

L'histoire des biocarburants a commencé depuis plus d'un siècle, lorsque Rudolph Diesel (1858-1913) inventeur du moteur diesel qui porte son nom, utilisait l'huile d'arachide comme carburant. Il écrivait vers 1912 : « *l'utilisation d'huiles végétales dans les moteurs Diesel peut sembler insignifiante actuellement. Mais ces huiles peuvent devenir avec le temps aussi importantes que le sont aujourd'hui les produits pétroliers ou issus du charbon* » [1].

Les biocarburants sont produits jusqu'à présent à partir de culture alimentaire, comme le tournesol, le soja, le colza, le blé, la betterave, la canne à sucre et d'autres produits alimentaires. En conséquence les prix des denrées alimentaires ont connus leurs plus hauts niveaux depuis les années 70 [2], ce qui est dangereux pour la sécurité alimentaire des populations pauvres de la planète.

De ce fait, il est judicieux de valoriser le potentiel de culture non alimentaire en Algérie, dans le but de soutenir l'agriculture et de promouvoir l'inclusion sociale et le développement rural, et qui s'inscrit dans un concept de développement durable.

Dans cet article nous allons nous intéresser à une plante non alimentaire, le ricin qui servira de matières premières pour la production du biodiesel.

2. Description

Le *Ricinus communis* L, ou ricin est un arbrisseau d'origine tropicale de la famille des Euphorbiacées. Actuellement peut être cultivé à n'importe quel endroit du monde (fig 1, 2, 3, 4). Le ricin présente des graines en forme d'haricot contenant généralement entre 40 et 55% d'huile. Comparativement aux autres huiles végétales, l'huile de ricin a une très forte proportion d'acides gras insaturés. Dans le monde, le ricin est cultivé sur 12 600 km² avec une production annuelle de graines de 1,14 Mt et un rendement moyen de semences de 902 kg/ha [3].

Aux états unis le rendement peut atteindre parfois les 1570 kg/ha. Le tableau 1 donne le rendement de quelques plantes énergétiques destinées à la production du biodiesel [4].



Fig. 1: Le Ricin en période de maturation.



Fig. 2: Champ de culture du ricin.



Fig. 3 : Capsules de graines de ricin.



Fig. 4 : graines de ricin.

Tableau 1 : Rendement à l'hectare de quelques plantes énergétiques [4].

Récolte	Rendement <i>kg d'huile/ha</i>	Rendement <i>l d'huile/ha</i>
Cotton	273	325
Soja	375	446
Graine de lin	402	478
Tournesol	800	952
Colza	1000	1190
Ricin	1188	1413
Jjoba	1528	1818
Jatropha	1590	1892
Huile de palme	5000	5950

3. Expérimentation

3.1 Caractérisation de l'huile de ricin

3.1.1 Extraction de l'huile de ricin

Généralement, le solvant le plus utilisé pour l'extraction des huiles est l'hexane, dérivé du pétrole, utilisé pour ses propriétés physiques, son efficacité et sa disponibilité. Les corps gras, composés apolaires, sont insolubles dans les composés polaires comme l'eau, mais solubles dans les composés apolaires comme l'hexane. Autre propriété de l'hexane est le point d'évaporation, celui-ci est inférieur aux matières grasses à extraire, il est donc très facile de séparer ces deux composés en chauffant le mélange.

Après broyage, on met une certaine quantité de patte de graines (masse initiale) dans une capsule et on introduit la capsule dans le soxhlet (figure 5). Après plusieurs siphonages, et après environ 06 heures d'extraction (temps de contact), on enlève le ballon contenant l'huile et le solvant et on procède ensuite à la distillation pour séparer les deux liquides. Après avoir obtenue l'huile, on la met dans une étuve à 80 °C dans le but d'éliminer le reste du solvant. Le rendement obtenu en fin de l'extraction est de 53%.



Figure 5 : Extracteur soxhlet.

3.1.2 Composition en acide gras

La composition en acides gras du ricin est déterminée par CPG de type Hewlett Packard Agilent 6890N piloté par Chemstation (NIST98) dont les conditions d'analyses sont la Température de l'injection qui est de 250 °C, l'injection de 0,5 µl en mode Splitless pendant 1 min, et la colonne capillaire HP5MS (30× 0,25 × 0,25). Le gaz vecteur utilisé est l'hélium avec une Vitesse de 1 ml/min. la programmation de température est 180 °C pendant 2 mn, 4 °C/min jusqu'à 250 °C pendant 20 min. les résultats obtenus sont pour l'huile de ricin sont dans le tableau 2.

Tableau 2 : Composition en acide gras de l'huile de ricin.

Acide gras	Composition en %
Acide ricinoléique	76,33
Acide oléique	12,32
Acide palmitique	1,38

3.1.3 Propriétés physico-chimiques de l'huile de ricin

Les propriétés physico-chimiques étudiées dans cet article sont principalement la densité, l'indice d'acide, la viscosité et le pouvoir calorifique.

La densité est le rapport de la masse volumique d'un liquide sur celle de l'eau. La température de mesure est de 20 °C. La mesure de la densité a été déterminée à l'aide d'un pycnomètre de 10 ml. Pour l'indice d'acide qui est le meilleur moyen de déterminer son niveau d'altération, et un indicateur du taux de conversion des acides gras en esters méthyliques. L'indice d'acide (IA) est le nombre de milligrammes de soude (NaOH) nécessaires pour neutraliser les acides libres de 1 g de corps gras. L'indice d'acide est déterminé par calcul, à l'aide de la formule:

$$IA = \frac{N_{NaOH} V_{NaOH}}{m_{écho}} * 56,1 \quad (1)$$

Avec :N: normalité de la solution de soude (0,1)

V : volume de soude employé

M : poids de la prise d'essai

56,1 : nombre de mg de potasse équivalente à 1 ml de soude a 0,1 N

La viscosité des huiles végétales est nettement plus élevée que celle du gasoil à température ambiante, elle est généralement 10 fois plus visqueuse que le carburant diesel conventionnel à 40 °C et 30 fois plus visqueuse à 0 °C. De ce fait, il est impératif de réduire la viscosité à une valeur très proche de celle du gasoil qui est de l'ordre de 6 mm²/s à 40 °C. La viscosité est une caractéristique importante des carburants, celle-ci dépend fortement de la température et influe directement sur le fonctionnement du système d'injection surtout aux basses températures. La figure 6 montre l'évolution de la viscosité en fonction de la température de l'huile de ricin.

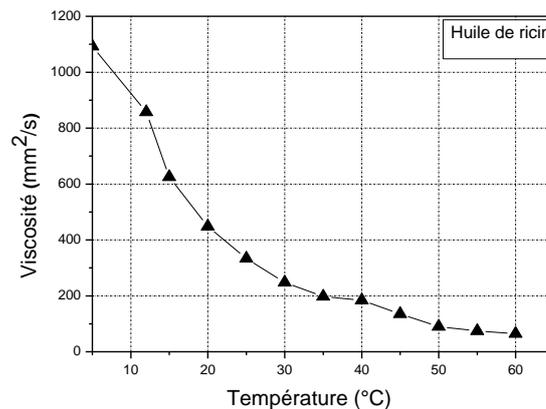


Figure 6 : Évolution de la viscosité de l'huile de ricin en fonction de la température.

Le pouvoir calorifique (PC) d'un combustible liquide ou solide représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité massique de ce corps. Dans les calculs pratiques, on utilise le PCI car, en effet, l'eau se trouvant dans les produits de combustion des moteurs, est rejetée sous forme de vapeur.

Le PCI obtenue est égal à **9326,52** cal/g ou bien **38984** kJ/kg.

Tableau 3 : caractéristiques physico-chimiques de l'huile de ricin.

Caractéristiques	Huile de ricin
Rendement en %	53
Densité à 15 °C	0,9453
Viscosité à 40 °C (mm ² /s)	185
Indice d'acide (mg de NaOH/g d'huile de ricin)	0,901
PCI (kJ/kg)	38984

4. Production du biodiesel

Les paramètres déterminés pour la production du biodiesel sont essentiellement la densité, l'indice de cétane, le point d'éclair et le pouvoir calorifique supérieur.

L'indice de cétane est un paramètre déterminant de la qualité du biodiesel obtenues, il indique la capacité d'un carburant à s'enflammer sous l'effet de la compression. Plus il est élevé, plus le carburant est apte à l'auto inflammation. Pour la détermination de l'indice de cétane de notre biodiesel, on a utilisé la méthode ASTM D4737 utilisant 3 différentes températures. C'est la méthode la plus utilisée actuellement, l'équation de l'indice de cétane calculé s'écrit de la façon suivante [5]:

$$ICC = 45,2 + 0,0892 T_{10N} + (0,131 + 0,901 B) T_{50N} + (0,0523 - 0,420 B) T_{90N} + 0,00049 [(T_{10N})^2 - (T_{90N})^2] + 107 B + 60 B^2 \quad (2)$$

Avec

d : densité à 15 °C (méthode ASTM D1298),

DN : d - 0,85,

B : exp (- 3,5 DN) - 1,

La densité est déterminée à partir de la méthode ASTM D1298, on utilisant l'équation suivante :

$$d_{15} = (T - 15) \times 0,00064 + d_{20} \quad (3)$$

Le point d'éclair est la température à laquelle les substances volatiles sont produites à un rythme qui leur permet d'être enflammées au contact d'une source de chaleur : flamme, étincelle. Si l'on retire la source de chaleur, l'inflammation s'arrête mais pas pour entretenir la combustion.

Le point d'éclair pour le diesel est compris entre 55 et 90 °C. Pour le biodiesel de l'huile de ricin, le point d'éclair a été déterminé selon la méthode ASTM D93, sa valeur est 158 °C.

Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) a été déterminé selon la méthode ASTM D240, qui correspond à l'équation suivante :

$$PCS = 12400 - 2100 \times d^2 \quad (4)$$

d : densité déterminé à 15 °C.

Les résultats obtenus sont dans le tableau suivant :

Tableau 4 : caractéristiques du biodiesel de l'huile de ricin.

Caractéristiques	Méthode ASTM D6751	Biodiesel (huile de ricin)	Biodiesel limites	Diesel ASTM D975
Densité à 15 °C	D1298	0,8819	0,810-0,860	0,85
Pouvoir calorifique supérieur (kJ/kg)	D240	45016		45500
Indice de cétane	D976	52	47 min	40 – 45
Point d'éclair °C	D93	158	130 min	40 – 60

5. Conclusion

Le ricin est une plante énergétique et non comestible, car elle contient la ricine qui est toxine redoutable. Le ricin pousse très bien dans les zones arides et semi-arides, résiste aux conditions rudes de température et au stress hydrique. L'huile de ricin extraite présente des caractéristiques physico-chimiques très satisfaisantes, et correspondent aux normes en vue d'une utilisation tant que carburant. Les esters méthyliques d'huile végétales EMHV obtenus avec la réaction de transestérification présentent des propriétés physiques et chimiques (faible viscosité, pouvoir calorifique élevé, indice de cétane élevé,...) intéressantes pour constituer une source alternative au carburant conventionnel (diesel).

Références

- [1] M. Caye, NghiemPhuNhuan, T. H. Walker, Biofuels Engineering Process Technology, The McGraw-Hill Companies, 2008.
- [2] La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Les biocarburants : perspectives, risques et opportunités. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 2008.
- [3] P. Berman, S. Nizri, et Z. Wiesman, Castor oil biodiesel and its blends as alternative fuel, Biomass and Bioenergy, 1-6, 2011.
- [4] A. Filemon Uriarte Jr, Biofuels from plants oils, A SEAN Foundation, Jakarta, Indonesia, 2010.
- [5] J-C. GUIBET, Carburants liquides, Techniques de l'Ingénieur, traité Génie énergétique, BE 8 545, 2002.