

Tenue diélectrique de l'huile végétale à base de *Jatropha Curcas* comme substitut à l'huile minérale dans les équipements électriques haute tension

Henry B.H. Sitorus^{1,2,3}, Abderrahmane Beroual¹, Rudy Setiabudy³, Setijo Bismo³

1. Ecole Centrale de Lyon, University of Lyon, Ampere CNRS UMR 5005, 36 avenue Guy Collongue, 69134 Ecully, France
2. Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas Lampung (Unila), Bandar Lampung, Indonesia
3. Engineering Faculty, Universitas Indonesia (UI), Depok, Indonesia
henry.b@ui.ac.id

RESUME – Cet article porte sur la comparaison de la tenue diélectrique d'une huile végétale, l'ester méthylique de *Jatropha curcas* (JMEO) issue de l'huile brute de *Jatropha curcas*, et de l'huile minérale ; l'objectif de cette étude est de vérifier si ce produit naturel peut constituer une alternative à l'huile minérale dans les transformateurs de puissance. Le JMEO est obtenu par un processus de transestérification utilisant l'hydroxyde de potassium (KOH) comme catalyseur et les graines de *Jatropha curcas* sont des graines non alimentaires pouvant être cultivés sur tous les types de sol même pauvres/arides.

MOTS-CLES – huile de *jatropha curcas*, ester méthylique de *jatropha curcas* (JMEO); huile minérale ; tension de claquage.

1. Introduction

L'huile minérale est largement utilisée pour l'isolation électrique des équipements remplis de fluide et en particulier dans les transformateurs de puissance. Elle présente une rigidité diélectrique élevée, une bonne stabilité à l'oxydation et une faible viscosité, caractéristique importante pour le transférer de chaleur (refroidissement). Cependant, l'huile minérale est issue du pétrole et donc d'une source non renouvelable. De plus, elle est non – biodégradable et peut avoir un impact négatif sur l'environnement (contamination des sols et de l'eau) [1]. Il est donc impératif de trouver d'autres huiles de remplacement dans les transformateurs de puissance. Depuis une vingtaine d'années, les recherches se sont orientées vers les huiles végétales issues de graines de colza et de tournesols, de pépins de raisin, de soja, de palme et autres pour remplacer l'huile minérale dans les transformateurs.

C'est ainsi que depuis une vingtaine d'années, on assiste au remplacement progressif de l'huile minérale par des huiles végétales dans les transformateurs de distribution. Parmi ces huiles, BIOTEMP ®, fluide issu d'huiles riches en acide oléique, breveté aux États-Unis par la société ABB en Septembre 1999. Ce fluide est actuellement utilisé dans certains transformateurs de distribution et de réseau dans les zones critiques [2, 3]. Un autre fluide à base de soja et breveté aux états unis en Septembre 1999 par Waverly Light & Power dans l'Iowa [4] est également utilisé pour le remplissage de certaines unités.

La plupart des huiles végétales actuelles sont dérivés de produits alimentaires [1-7], ce qui dans le temps risque de générer de nouveaux problèmes d'ordre humanitaire/éthique. Il est donc nécessaire de trouver d'autres produits à moindre voire sans impact sur les ressources alimentaires. L'huile végétale de *jatropha curcas* en est une. Celle-ci est issue de graines de *Jatropha curcas*, graines non alimentaire. Ces plantes sont très abondantes en Indonésie et peuvent être cultivées sur tous les types de sol, même pauvres/arides.

L'huile de *Jatropha curcas* ne peut être utilisée telle qu'elle à cause de sa viscosité et de son PH élevés ; au vu de ces deux paramètres, cette huile ne répond pas aux critères/normes. Des traitements sont par conséquent nécessaires pour réduire cette viscosité et ce PH. Pour ce faire, nous avons procédé à la transestérification de cette huile brute. Ce procédé a pour but de convertir les acides gras libres et triglycérides en esters méthyliques et glycérol. La transestérification consiste au découpage des liaisons C-O liaison entre les triglycérides et le méthanol sur le carbone du

carbonyle. L'ester de méthyle (JMEO) ainsi obtenu est le produit auquel nous nous intéressons pour analyser ses caractéristiques et ses potentialités en tant que fluide de remplacement de l'huile minérale dans les transformateurs de puissance.

Dans cet article, nous nous intéressons principalement à la rigidité diélectrique de l'ester de méthyle de jatropha curcas (JMEO) issu de l'huile brute de jatropha curcas (CJCO) et de l'huile minérale (MO) sous tension alternative (AC).

2. Technique Expérimentale

L'huile brute de jatropha curcas (CJCO) utilisé dans cette étude a été fournie par SBRC (Surfactant and Bioenergy Research Center Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia). Et la transestérification a été effectuée au Laboratoire de Procédés Chimiques de l'Université d'Indonésie (Univesistas Indonesia – Djakarta) pour obtenir le JMEO (ester de méthyle de jatropha curcas après la transestérification).

La mesure de la rigidité diélectrique est effectuée selon la norme CEI 60156 [8] sur une cellule standard de 400 ml de volume. Le système d'électrodes est constitué de deux électrodes sphériques en laiton de 12,5 mm de diamètre ; l'intervalle inter électrodes étant de 2.5 ± 0.05 mm. Les électrodes sont nettoyées et traitées avant les tests selon la norme CEI 60156. La tension est fournie par un transformateur d'essai haute tension de 200 kV - 50 Hz - 60 kVA Hipotronic connecté à un diviseur de tension capacitif ayant un rapport de 1:10000. La tension est appliquée en continu à une vitesse de montée de $2 \pm 0,2$ kV / s jusqu'au claquage. Les mesures de tension sont réalisées à l'aide d'un oscilloscope de type Maxtron 60 MHz. Pour une évaluation fiable de la tension de claquage, des séries de 40 mesures sont effectués sur chaque échantillon d'huile. La norme CEI 60156 n'exige que 6 mesures [8].

3. Résultats Expérimentaux

La figure 1 montre la variation de la tension de claquage de JMEO-BT (ester de méthyle de jatropha curcas le traitement (avant le séchage), JMEO-AT (ester de méthyle de jatropha curcas après le traitement (après le séchage) et MO (huiles minérale) pour une série 40 mesures. Les teneurs en eau de l'ester de méthyle de jatropha curcas avant le séchage (JMEO-BT) et d'ester de méthyle de jatropha curcas après le séchage (JMEO-AT) sont respectivement de 1159.78 ppm et 64.91 ppm. La tension de claquage moyenne de JMEO-BT, JMEO-AT et MO est de 42,55 kV, 87,0 kV et 78,5 kV respectivement. La tension de claquage de l'huile brute de Jatropha curcas (CJCO) mesurée par ailleurs par H.B.H. Sitorus et al est de 34,76 kV [9]. Ces résultats montrent que la transestérification de CJCO permet une amélioration de la tension de claquage de 22,4%. Aussi, le processus du séchage permet d'améliorer considérablement la rigidité diélectrique de JMEO : la tension de claquage de JMEO-BT augmente de plus de 100%. Le processus de séchage permet de réduire la teneur en eau à moins de 10% de celle avant séchage. Les résultats obtenus montrent également que la tension de claquage JMEO-AT est légèrement supérieure à la tension de claquage de l'huile minérale. Ainsi, le JMEO apparaît comme un fluide potentiel (liquide isolant) pour remplacer l'huile minérale dans l'équipement électrique haute tension.

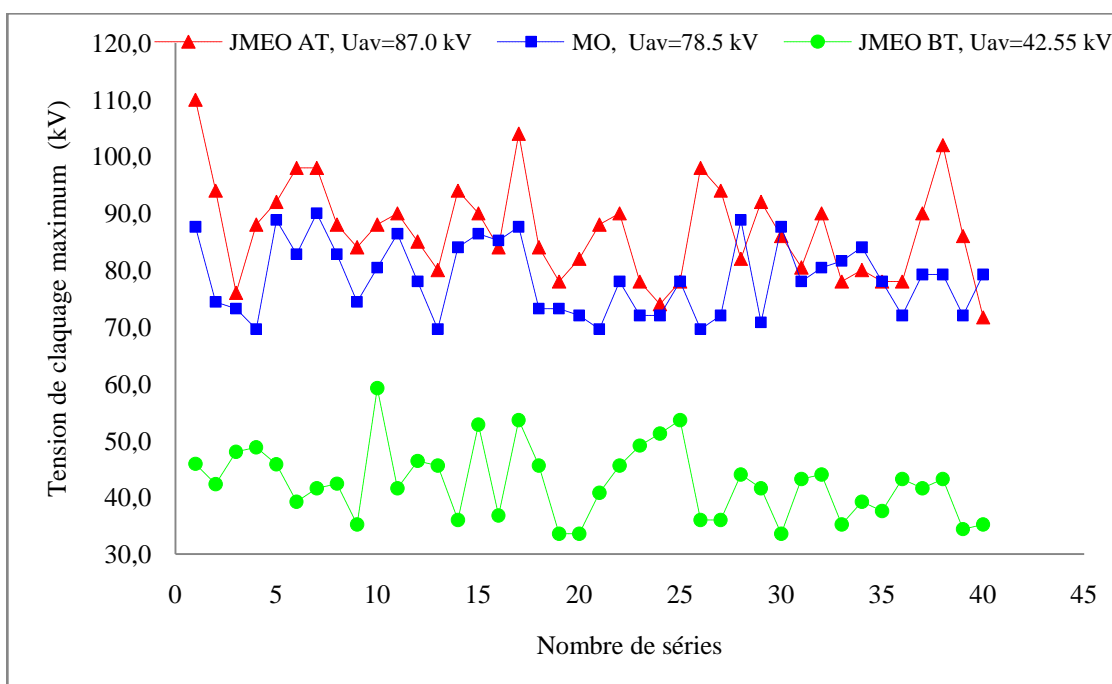


Figure 1 : Distribution de la tension de claquage des huiles JMEO-BT, JMEO-AT et MO en AC

4. Conclusion

Il ressort de cette étude que la tension de claquage de JMEO est légèrement supérieure à celle de l'huile minérale. Sachant que les études que nous avons menées par ailleurs ont montré que ce produit a de bonnes propriétés physico-chimiques et répond aux normes et critères nécessaires à une utilisation dans l'appareillage électrique et en particulier haute tension, le JMEO constitue un fluide potentiel pour le remplacement de l'huile minérale dans les transformateurs de puissance.

5. Références

- [1] T. V. Oommen, C. C. Claiborne, E. J. Walsh, and J. P. Baker, "A new vegetable oil based transformer fluid: development and verification," 2000 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, pp. 308 –312 vol.1, 2000.
- [2] C. P. McShane, "Natural and synthetic ester dielectric fluids: their relative environmental, fire safety, and electrical performance," in Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, 1999 IEEE, 1999, p. 8 pp.
- [3] C. P. McShane, "New dielectric coolant concepts for distribution and power transformers," in Pulp and Paper, 1999. Industry Technical Conference Record of 1999 Annual, 1999, pp. 55 –62.
- [4] T. V. Oommen, "Vegetable oils for liquid-filled transformers," Electrical Insulation Magazine, IEEE, pp. 6 –11, Feb-2002.
- [5] T. V. Oommen, C. C. Claiborne, and J. T. Mullen, "Biodegradable electrical insulation fluids," Electrical Insulation Conference, 1997, and Electrical Manufacturing Coil Winding Conference. Proceedings, pp. 465 – 468, Sep-1997.
- [6] T. V. Oommen, C. C. Claiborne, and E. J. Walsh, "Introduction of a new fully biodegradable dielectric fluid," Textile, Fiber and Film Industry Technical Conference, 1998 IEEE Annual, pp. 3/1 –3/4, May-1998.
- [7] C. P. McShane, "Vegetable-oil-based dielectric coolants," Industry Applications Magazine, IEEE, pp. 34 –41, Jun-2002.
- [8] IEC 60156 Standard, Insulating Liquids – Determination of the Breakdown Voltage at Power Frequency – Test Method.
- [9] H.B.H. Sitorus, D. Permata, and T. Hariyadi, "Pengaruh Penyaringan (Filtering) terhadap Karakteristik Minyak Jarak Pagar sebagai Alternatif Minyak Isolasi Transformator Daya," Seminar Nasional Sains dan Teknologi III, Lampung - Indonesia, pp. 259 – 279, 19 Oktober-2010.