

L'effet de couplage entre l'avance à l'injection et la pression d'injection sur les performances des moteurs alimentés par le biodiesel issu des huiles de friture

Seifallah Fetni, Houssem EL Haj Youssef et Ines Lassoued

Résumé—Au cours des dernières années, le biodiesel est devenu une solution prometteuse face à l'épuisement rapide des réserves de combustibles fossiles ainsi que la quantité alarmante de polluants rejetés. Cependant, des propriétés telles que faible volatilité, la haute densité ainsi que la haute viscosité constituent des inconvénients pour l'utilisation de biodiesel pur comme source d'énergie pour les moteurs thermiques. Pour cela, De nombreuses études ont été entamées dans le but de surpasser ces contraintes. Par ailleurs, mélanger le biodiesel et le diesel reste une solution prometteuse quitte à trouver les bonnes caractéristiques permettant des bonnes performances et des émissions dans les normes.

Le but de cette étude est donc d'étudier l'effet de la combinaison entre la variation de la pression d'injection d'une part, et l'avance à l'injection de l'autre part, sur les performances et les émissions. Pour cela, on a utilisé un moteur à injection directe à quatre cylindres, quatre temps, fonctionnant au diesel. On a montré qu'une avance à l'injection de 2°, couplée à une pression d'injection de 240 bar, donne de meilleurs résultats en termes d'émissions polluantes et de performances et sans pénalité sur l'environnement.

Index Terms—Biodiesel, Environnement, Avance à l'injection, pression d'injection, huile de friture.

I. INTRODUCTION

DE nos jours, l'épuisement prévisible des réserves de pétrole et les problèmes environnementaux causés par sa consommation, ont engendré la nécessité du recours à des sources d'énergie alternatives inépuisables pour continuer à satisfaire les besoins énergétiques mondiaux tout en préservant l'environnement [1].

Une solution semble la plus prometteuse : la valorisation des huiles de friture usagées en biocarburant, source d'énergie renouvelable écologiquement propre et économiquement rentable, qui va servir de carburant pour les moteurs diesel. Aujourd'hui'hui, ceux-ci sont mondialement considérés comme une filière d'avenir et suscitent l'intérêt des acteurs scientifiques, politiques et économiques, mais elles ont encore beaucoup de progrès à faire pour remplacer le pétrole.

, University of Tunis El Manar, Tunisia, BP 37, 1002, Le Belvédère, 1002, Tunis
E-mail : seifallah.el.fetni@gmail.com

M

Manuscript received Avril 15, 2019 ; revised

Les pays africains, en particulier la Tunisie, ne sont pas restés indifférents face à cette prise de conscience. Ils s'intéressent aux énergies renouvelables comme le biocarburant afin de remplacer les dérivés du pétrole dans le secteur des transports pour limiter leur dépendance et avoir accès une source d'énergie à moindre coût [2]. La Tunisie a une potentialité végétale non utilisée qui peut servir à produire différentes huiles dont les consommables peuvent être destinées à la production de biodiesels. Les biocarburants, combustibles liquides ou gazeux, utilisés pour le transport, sont obtenus à partir de la biomasse (l'ensemble de la matière organique d'origine végétale, animale ainsi que leurs produits de transformation). La première génération de biocarburants issue de ressources agricoles conventionnelles tel que la betterave, les céréales, la canne à sucre pour l'éthanol, le colza, le tournesol, le soja et la palme pour le biodiesel pose des problèmes socio-économiques puisqu'elle entre en concurrence avec les cultures alimentaires et incite à la déforestation.

Parmi les solutions qui peuvent être valorisées en biocarburant, on compte sur la récupération des huiles alimentaires qui constituent une matière première de choix pour les utiliser comme réactif lors du procédé de thermo conversion puisqu'elles sont des déchets et ont donc un coût de revient très faible et qu'elles ne sont que très peu valorisées à ce jour. Cela permettra de résoudre le problème de destruction des déchets car les huiles alimentaires usagées représentent un grave problème écologique.

Ce travail s'inscrit dans un projet permettant de valoriser les huiles de friture en les transformant en biodiesel dans une première mesure, puis valider la possibilité de leur exploitations dans les engins (militaires, de génie civil etc.), et proposer les éventuels corrections sur les moteurs afin de garder, voir améliorer leurs performances tout en gardant les émissions polluantes sous les limites exigées.

Ce projet a commencé par le travail de Boubahri et al. [3], qui ont pu synthétiser le biodiesel à partir de l'huile de friture usagée par la trans-estérification. Ils ont ensuite étudié la combustion, les performances et les taux des émissions de différents mélanges biodiesel/diesel comparativement au diesel pur, à pleine charge pour différentes vitesses, dans un moteur diesel. Les mélanges de biodiesel étaient variés de 15% à 40% (B15 à B40) par pas de 5%. les résultats de l'expérience ont

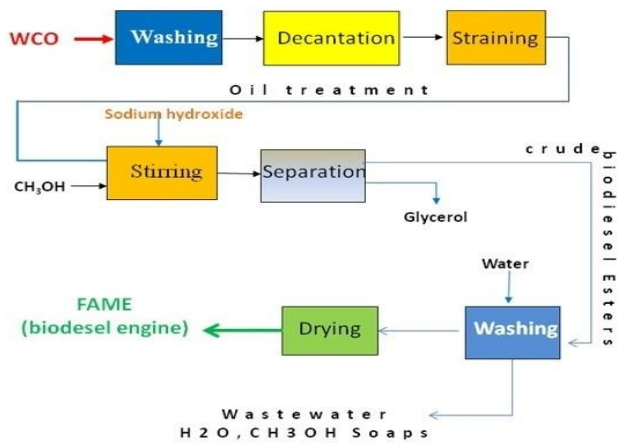


FIGURE 1. Schématisation illustrative du processus de trans-estérification [4]

révélé une diminution de la puissance et du couple de 5%, pour chaque addition de 10% de biodiesel au mélange. De plus, la consommation de carburant a légèrement augmenté à 6% pour chaque 10% de mélange de biodiesel ajouté par rapport au diesel pur. En ce qui concerne les émissions du moteur (HC, CO et fumées), ils ont été trouvés relativement plus bas que celui d'un moteur diesel. C'était dû au taux d'oxygène élevé contenu dans le biodiesel.

Comme continuité du travail précédent, nous avons d'abord cherché la possibilité d'optimiser les propriétés de l'ester méthylique obtenu par trans-estérification des huiles de friture usagées. De plus, l'effet de différents mélanges de l'ester méthylique/diesel sur le comportement et les performances d'un moteur diesel à injection directe à quatre cylindres équipé d'un turbocompresseur, a été examiné. L'impact de la variation de l'avance à l'injection (ID), en tant qu'alternative pour augmenter la durée de combustion, sur les performances du moteur ont ensuite été soigneusement étudiés. Ceci a été ainsi l'objet du travail et El Haj Youssef et al. [4].

Un autre alternative consiste à étudier l'effet de la variation de la pression d'injection (IP) sur les performances et les émissions polluantes du même moteur. Ceci constituait l'objet du travail réalisé par Lassoued et al.

Au cours de ce travail, on va examiner l'effet de couplage entre l'avance à l'injection et la pression d'injection sur les performances moteur et les émissions polluantes.

II. MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

A. Synthèse du biodiesel

Dans tous les travaux du projet, les huiles de friture usagées sont collectés des restaurants. Ils ont été collectées de diverses sources, puis mélangées. Un processus de trans-estérification a été appliqué dans le but de synthétiser le méthyle-ester. Un schématisation de ce processus est illustrée dans la figure 1.

B. Essais moteur

Les tests ont été effectués sur un banc d'essai de moteur équipé d'un frein de type SCHENCK D600. Le moteur a

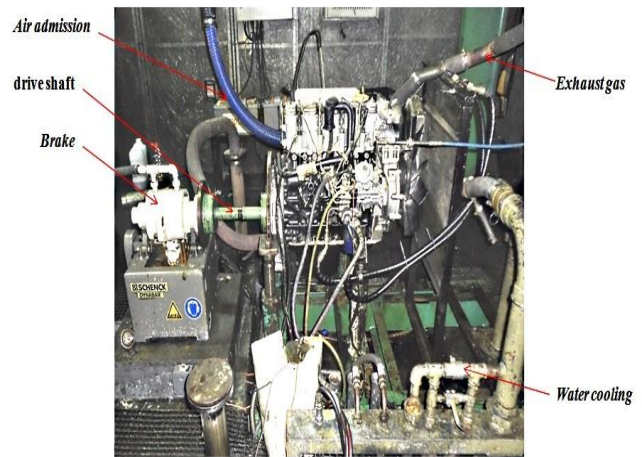


FIGURE 2. Le banc d'essai utilisé pour la conduite des essais moteur [4]

d'abord été alimenté par un diesel pur, afin de déterminer son point de référence. Ensuite, il a été alimenté par différents mélanges diesel/biodiesel. Les tests ont été réalisés avec différents types de carburants. Des mesures de performances du moteur ont été effectuées, selon les normes ISO 27.020, en pleine charge. Par conséquent, différents mélanges ont été testés à six vitesses de moteur : 3800, 3600, 3200, 2400, 2200 et 1600 tr/min. En effet, moteur a été démarré sans charge. Le banc d'essai utilisé dans les différents étapes de ce projet sont illustrées dans la figure 2.

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. L'effet de de l'augmentation du délais réservé à la combustion (EL Haj Youssef et al. [4])

Les paramètres choisis pour la procédure de trans-estérification (notamment le mixage et le temps alloué au séchage) ont permis de synthétiser un ester méthylique dont les propriétés obéissent aux normes du biodiesel. De même, les mêmes constatations étaient révélées pour les différents mélanges (B10, B20 et B30). Ici Bxx signifie un mélange biodiesel/diesel avec une proportion xx% du biodiesel. Différents réglage de l'unité pilote de l'avance à l'injection ont été testées, afin de regarder l'impact de l'augmentation du délais de combustion sur les caractéristiques ciblées : -2° , 0° (l'état d'usine), 2° et 4° .

Il était confirmé que l'exploitation du biodiesel à partir de B00 à B30 est favorable à l'environnement ainsi qu'à la durée de vie du moteur. Le mélange B20 était par ailleurs proposé comme la plus favorable (notamment le compromis meilleures performances mécaniques et le minimum d'opacité), associé à une avance à l'injection par un angle de 2° . Néanmoins, une légère baisse des performances du moteur a été révélée : diminution d'environ 3 à 4% en couple et environ 5% de puissance.

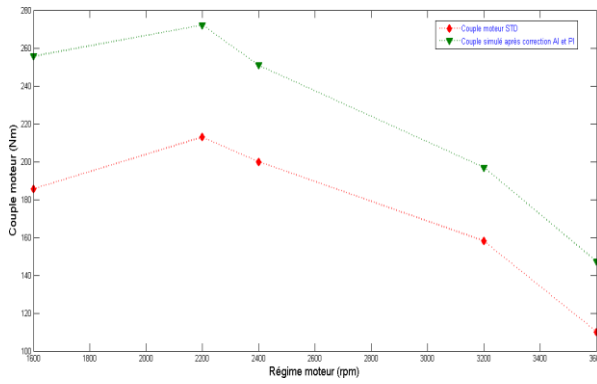


FIGURE 3. L'effet attendu du réglage du délais de combustion et la pression d'injection sur le couple moteur

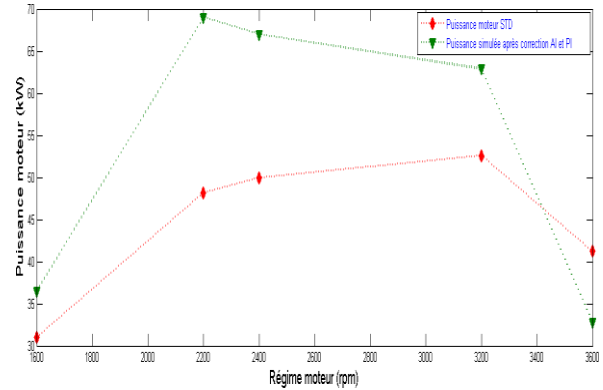


FIGURE 4. L'effet attendu du réglage du délais de combustion et la pression d'injection sur la puissance moteur

B. L'effet de l'augmentation de la pression d'injection (Lassoued et al. [5])

Les effets de la variation de la pression d'injection sur les performances et les émissions polluantes ont été étudiés pour des mélanges B20, B40 et B60. Cinq pressions d'injection ont été testées : 200 bars (la pression d'origine), 220 bars, 240 bars, 260 bars et 280 bars. Lassoued et al. ont conclu que l'augmentation de la pression d'injection jusqu'à 240 bars induisait une amélioration des performances de tous les mélanges testés. Le B20 a été trouvé le meilleur candidat permettant d'offrir les meilleures performances.

C. L'effet du couplage entre la pression d'injection et le délais de la combustion sur les performances moteur et les émissions polluantes

Dans la présente étude, nous avons opté pour simuler l'effet de l'application simultanée d'une augmentation de la pression d'injection, mais aussi une correction d'avance de l'angle d'injection. Pour cela, nous avons opté pour l'hypothèse de l'apport combiné des deux réglages ; la correction de l'unité de l'avance automatique (avance à l'injection) permet plus de temps à la réaction de combustion dans la but qu'elle soit la plus possible complète. De plus, il y aura une élévation de la température qui induit une diminution de viscosité. Ainsi, on attend une baisse de l'opacité (fumées) et les émissions polluantes (NOx) De même, l'apport de l'augmentation de la pression permet une meilleure pulvérisation du mélange air/carburant. Ainsi, on propose de simuler le couple obtenu dans un moteur ayant subi les deux réglages. La variation du couple simulé en fonction du régime moteur est ainsi rapportée dans la figure 3. Une nette amélioration du couple (en appliquant les réglages cités) est ainsi observée. En bas régime (vers 1600 rpm), l'amélioration est maximale. Cette configuration semble favorable aux engins coupleurs. Quitte à confirmer par les autres caractéristiques. Ainsi, de la même manière, on a rapporté l'évolution de la puissance simulée en fonction du régime moteur (figure 4), en se basant sur une relation semblable à la façon précédente. On peut également

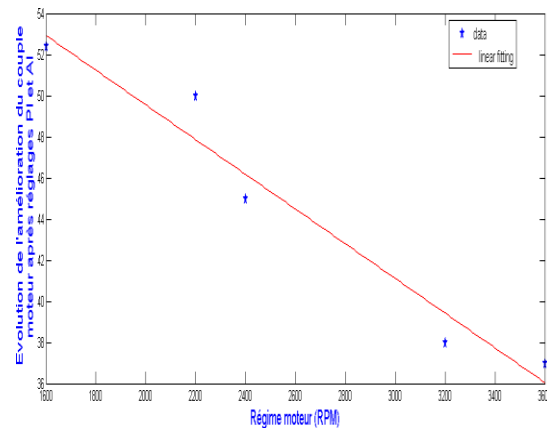


FIGURE 5. L'évolution du couple maximum après correction de combustion et la pression d'injection

visualiser l'amélioration du couple en fonction du régime (figure 5). On remarque ainsi une décroissance linéaire ce qui prouve, encore une fois, que ce réglage est adapté aux moteurs travaillant à faible régime. De la même manière, on peut tirer ce constat à partir de la figure 6. En examinant maintenant la consommation spécifique, on trouve qu'on bien un gain de consommation considérable après les réglages effectués, notamment pour les faibles régimes. la figure 7.

IV. CONCLUSION

L'effet du changement de carburant, la pression et de l'avance à l'injection ont été successivement analysés. Cette étude, a montré qu'il n'y a pas de problème technique majeur à une utilisation des mélanges de biocarburants dans les moteurs diesels. Il apparaît cependant clairement, que pour un bon usage biodiesel, il est avant tout nécessaire de convertir le moteur diesel conventionnel en un moteur fonctionnant en biocarburant (utilisant les carburants alternatifs). La variation de l'avance à l'injection, comme pour la pression, est une technique prometteuse. Les adaptations apportées sont relativement

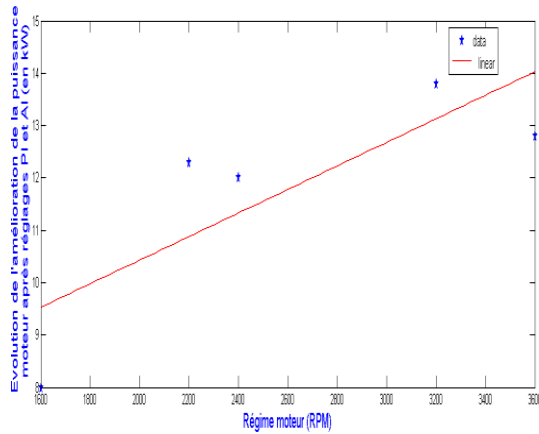


FIGURE 6. L'évolution de la puissance après correction de combustion et la pression d'injection

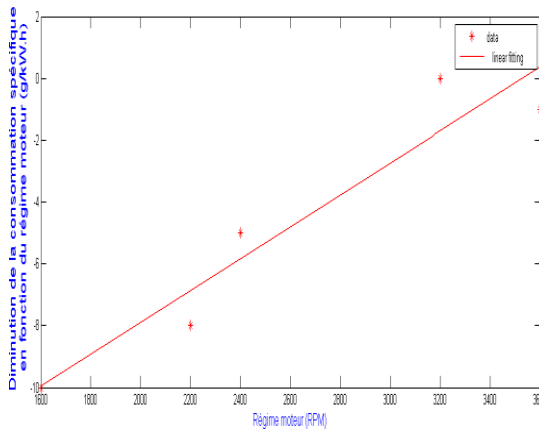


FIGURE 7. L'évolution de la consommation spécifique après la correction de combustion et la pression d'injection

simples à mettre en œuvre et sont également indispensables pour utiliser l'EMHFU en mélange dans les moteurs diesel, sans pénalité sur les performances et l'opacité. Le biodiesel B20 est utilisé avec succès lors de changement de l'avance à l'injection et la pression d'injection d'un moteur. Les essais expérimentaux ont montré qu'une avance à l'injection de 2° donne de meilleurs résultats en termes d'émissions polluantes et de performances, en comparaison avec ceux des autres avances à l'injection testés. De même une pression d'injection de 240 bar semble encourageante. La stratégie de combiner les deux techniques semble avoir assez d'avantages et sans pénalité sur l'environnement.

RÉFÉRENCES

- 1] W. Pan, C. Yao, G. Han, H. Wei, Q. Wang, "The impact of intake air temperature on performance and exhaust emissions of a diesel methanol dual fuel engine", vol. 162, pp. 101-110, 2015
- 2] G. Evangelos, D. Constantine, A. Rakopoulos, "Exhaust emissions of diesel engines operating under transient conditions with biodiesel fuel blends". Progress in Energy and Combustion Science, vol 38, pp. 691-

715, 2012

- [3] C. Boubahri, R. Ennetta, R. Said, J. Bessrou, "Experimental study of a diesel engine performance running on waste vegetable oil biodiesel blend", Energy Resources Technology, vol 134, 2012
- [4] An Experimental Study of Optimization of Biodiesel Synthesis from Waste Cooking Oil and Effect of the Combustion Duration on Engine Performance. Housseem El Haj Youssef, Seifallah Fetni, Chokri boubahri, Rachid Said, Ines Lassoued. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER) Vol.9, No.1, 2019
- [5] Effect of Fuel Injection Pressure on Performance and Emission Characteristics of a Compression Ignition Direct Injection Engine Fuelled With Waste Cooking Oil Biodiesel Mixture. Ines Lassoued, Rachid Said, Chokri Boubahri, Housseem Haj Youssef, Seifallah Fetni. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER) Vol 8, No 4 (2018)