

Etude de deux solutions d'utilisation de l'huile de *Jatropha curcas* dans le moteur diesel à injection directe

SAYON SIDIBE¹, GILLES VAITILINGOM², JOËL BLIN^{1,2}

INTRODUCTION

Dans un monde où l'énergie est devenue une préoccupation essentielle pour les acteurs économiques, les biocarburants connaissent un développement sans précédent. Cette évolution encouragée par des mesures politiques vise à la fois à diminuer la dépendance énergétique vis à vis des ressources d'origine fossile et à limiter les émissions de gaz à effet de serre, dont l'influence sur le réchauffement climatique est reconnue par l'ensemble de la communauté scientifique[1].

Les biocarburants sont une alternative à l'augmentation de l'effet de serre. En effet, le CO₂ qu'ils libèrent pendant leur combustion sera ré-stocké dans une plante la saison suivante. Il participe alors au cycle court du carbone et n'augmente pas la quantité de CO₂ présent dans l'atmosphère.

Les huiles végétales pures (HVP) encore appelées huiles végétales carburant[2] sont des biocarburants qui s'obtiennent classiquement par simple pressage de graines oléagineuses telles que le coton, le tournesol, le *Jatropha curcas*, suivi d'une filtration. Les HVP sont connues pour être utilisées comme carburant en substitution du gazole. Elles sont plus accessibles et présentent des opportunités pour les populations en zone rurale (utilisation directe sur les zones de production). Ces huiles offrent cependant une trop forte viscosité (environ 10 à 15 fois plus élevée que celle du gazole pur) et un indice de cétane (aptitude à l'auto-inflammation) trop faible, ce qui rend problématique leur utilisation directe dans un moteur diesel traditionnel et impose des modifications[3].

Ces problèmes sont régulièrement décrits dans la littérature : colmatage des filtres, casse de certaine pompe d'injection, dépôts goudronneux dans la chambre de combustion, ...

Il ressort dans la littérature deux solutions principales mises en place pour l'utilisation des HVP dans les moteurs diesel [4-5]:

- l'utilisation des HVP en mélange à des teneurs différentes dans le gazole,
- l'utilisation directe des HVP en bicarburant.

L'analyse des travaux publiés permet de constater rapidement les divergences entre les auteurs sur les phénomènes proposés comme étant à l'origine de ces problèmes ainsi que sur les solutions préconisées. Un autre constat est que beaucoup de publications discutent les options individuellement sans réelle comparaison entre elles.

L'objectif de cette étude est de montrer l'influence réelle de la viscosité de l'huile sur les causes majeures de la mauvaise combustion (encrassement de la chambre de combustion). Ainsi, les essais ont été menés avec l'huile de *Jatropha* préchauffée à 100°C, les mélanges préchauffés de 20, 30, 40, 50 et 75% de *Jatropha* dans le gazole et comparés avec les essais d'huile de *Jatropha* non préchauffée et le gazole pur. Le but recherché est d'obtenir à peu près la même viscosité pour l'ensemble des combustibles.

¹ Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2iE)

² Centre de coopération international en recherche agronomique pour le développement (Cirad)

MATERIEL ET METHODES

Un moteur diesel à injection directe, bicylindre, à aspiration d'air naturelle, refroidi par air, de marque LOMBARDINI 9LD561/2L est utilisé pour les essais. Le moteur tourne à une vitesse constante de 1500 tr/min. Un alternateur électrique couplé au moteur, délivre une tension de 400V triphasée. Deux bancs de charge résistive de marque VIKINS de 3kW chacun sont connectés à l'alternateur et permettent de charger le moteur jusqu'à sa charge maximale à des pas de 10%. Le diagnostic de la combustion et l'analyse des polluants sont faits à l'aide d'un analyseur de gaz **TESTO 350XL**. Les gaz mesurés par le TESTO 350XL sont le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO et NO₂), les hydrocarbures imbrulés (HC), le dioxygène (O₂) et le dioxyde de soufre (SO₂). L'émission de CO₂ est calculée en fonction des caractéristiques du combustible et de l'oxygène résiduel mesuré dans les fumées.

Le moteur diesel est accouplé à une génératrice permettant d'assurer une vitesse de rotation constante de 1500 tr/min quelle que soit la charge du moteur. L'alimentation en combustible du moteur se fait en bicarburant. Les essais sont réalisés avec 0, 20, 40, 60, 80 et 100% de charge de l'alternateur. Pour chaque charge du moteur, les mesures durent six minutes. Chaque deux minutes nous effectuons des mesures de températures d'échappement et des fumées, de la consommation volumique et des gaz polluants.

RESULTATS ET ANALYSE

Essai de préchauffage d'huile

Les résultats de performances et d'émissions polluantes du moteur sont présentés dans la figure 1 ci-dessous. Ces résultats sont donnés en fonction de la charge du moteur.

a. Les performances du moteur

- **La consommation spécifique** de carburant décroît avec l'augmentation de la charge du moteur pour l'ensemble des carburants (figure1). Elle est plus faible pour le gazole en moyenne de 11% par rapport à celle de l'huile de Jatropha préchauffée et de 13% par rapport à celle de l'huile de Jatropha non préchauffée. L'explication de cette surconsommation en huile de Jatropha s'explique par la différence de pouvoir calorifique inférieur (PCI) entre le gazole et l'huile de Jatropha. En effet, le PCI du gazole est supérieur de 7% par rapport à celui de l'huile de Jatropha. Ainsi, avec les combustibles étudiés et pour une même puissance délivrée par le moteur, la masse injectée d'huile de Jatropha est plus importante.
- **La température des gaz d'échappement** du moteur augmente avec l'élévation de la charge du moteur (pour tous les combustibles). Les valeurs de la température d'échappement du moteur sont faibles avec le gazole pour toutes les charges (figure1). Ces niveaux de température sont comparables pour les deux huiles de Jatropha avec une légère élévation de la température de l'huile de Jatropha non préchauffée entre 40 et 100% de la charge. La surconsommation et la mauvaise combustion de l'huile de Jatropha non préchauffée sont à la base de l'augmentation de la température de combustion du moteur diesel.

b. Emissions de polluants

- **Les émissions de CO₂** du moteur croissent avec l'augmentation de la charge du moteur et pour l'ensemble des combustibles utilisés. Les émissions de CO₂ du gazole sont plus élevées en moyenne de 1% par rapport à celles de l'huile préchauffée et de 0,2% en moyenne par rapport à celles obtenues avec l'huile de Jatropha non préchauffée. Avec l'huile de Jatropha préchauffée, les émissions de CO₂ sont plus élevées que celles obtenues avec l'huile de Jatropha non préchauffée. La surconsommation de carburant constatée avec les huiles végétales est la cause majeure de l'augmentation des émissions de CO₂.
- **Les émissions de CO** sont comparables pour les huiles de Jatropha préchauffées et non préchauffée. Les émissions de CO sont plus faibles pour le gazole par rapport aux huiles. Ce constant est dû à la bonne pulvérisation et atomisation du gazole par rapport à l'huile dans le moteur.

- L'analyse des émissions de CO d'un moteur diesel permet avec une marge d'erreur de qualifier l'état de la combustion. Le paramètre principal gouvernant les émissions de CO est la richesse du mélange carburé. En mélange riche, les concentrations en CO augmentent régulièrement avec la richesse ; le défaut d'oxygène entraîne une combustion incomplète quelque soit le combustible.

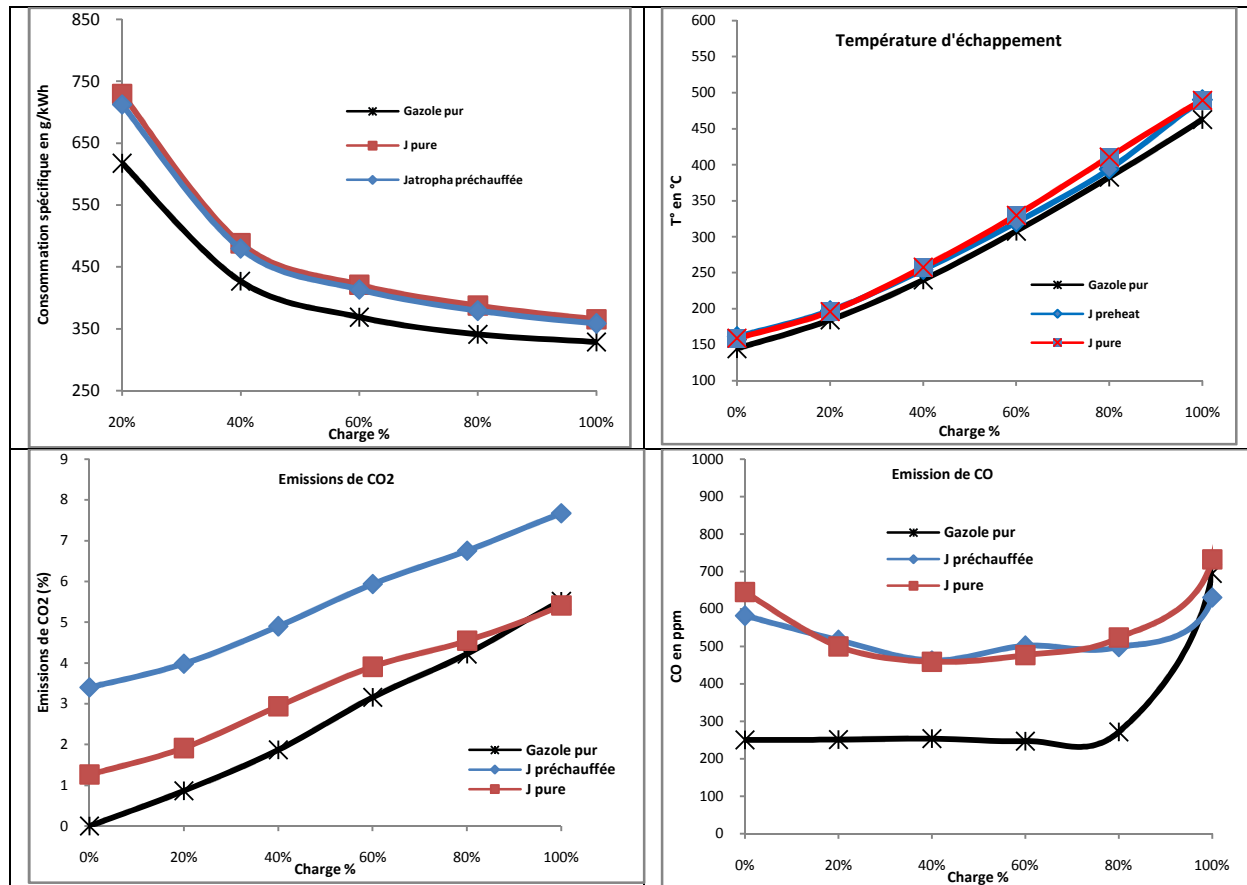


Figure 1 : courbes de performance et d'émissions du moteur

Essais de mélanges huile/gazole

- Les résultats des performances et des émissions de gaz du moteur avec comme carburant le mélange de 20% d'huile de Jatropha dans le gazole sont assimilables à ceux obtenus avec le gazole pur.
- Pour plus de 30% d'huile dans le gazole, les résultats de performance et d'émissions du moteur sont comparables au cas d'une utilisation de l'huile pure comme carburant.
- Le mélange de 75% d'huile de Jatropha dans du gazole utilisé comme carburant dans le moteur donne les meilleurs performances et émissions du moteur par rapport à l'ensemble des combustible utilisés.

CONCLUSION

Le préchauffage de l'huile de Jatropha et de ses mélanges avec le gazole n'a pas une influence significative sur la combustion. L'influence est beaucoup plus visible sur les organes d'alimentation du moteur c'est-à-dire les filtres, la pompe d'alimentation, la pompe d'injection et l'injecteur.

L'analyse des émissions de CO du moteur peut être un critère de l'état de la combustion des HVP.

Le mélange Jatropha/gazole ne résout pas le problème d'encrassement du moteur mais allonge le temps de formation des dépôts.

La solution qui reste plus intéressante pour la diminution des dépôts et la longévité du moteur reste la bicarburation. Elle consiste à démarrer et arrêter le moteur avec le gazole et injecter l'huile dans le circuit, seulement quand la charge du moteur est suffisante pour avoir une température élevée de la chambre de combustion qui permette une combustion totale de l'huile (500°C). Cette solution a l'avantage d'être simple à mettre en place, de pouvoir être confectionnée sur place et d'être simple d'utilisation. Des essais effectués à 2iE avec un kit de bicarburation localement réalisé sur un moteur de la plateforme multifonctionnelle ont permis de mieux connaître le comportement de l'huile de Jatropha dans ce type de moteur diesel.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Sidibé, S.S., et al., *Use of crude filtered vegetable oil as a fuel in diesel engines state of the art: Literature review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010. **14**(9): p. 2748-2759.
2. Vaïtilingom, G., *Huiles végétales - Biocombustible diesel. Influence de la nature des huiles et en particulier de leur composition en acides gras sur la qualité-carburant*, in *Mécanique-Energétique*. 1992, Université d'Orleans. p. 312.
3. Daho, T., *Contribution à l'étude des conditions optimales de combustion des huiles végétales dans les moteurs Diesel et sur les brûleurs : cas de l'huile de coton*, in *Energétique-combustion*. 2008, Université de Ouagadougou. p. 245.
4. Agarwal, D. and A.K. Agarwal, *Performance and emissions characteristics of Jatropha oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine*. Applied Thermal Engineering, 2007. **27**(13): p. 1314-2323.
5. Altin, R., S. Cetinkaya, and H.S. Yucesu, *The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines*. Energy Conversion and Management, 2001. **42**(5): p. 529-538.