

Etude des performances d'un moteur Renault 4 utilisant des mélanges essence - bio éthanol

Merveil Muanda Lutete¹, Herman Mbanza Diganga¹ et Haddy Mbuyi Katshiatschia^{1, 2*}

¹ Centre de recherche en énergie et informatique appliquée, CREI
Faculté Polytechnique, Université Kongo, Mbanza-Ngungu, R. D. Congo

² Laboratoire des Energies Nouvelles et Renouvelables, LNRE
Faculté Polytechnique, Université de Kinshasa, Kinshasa XI, R. D. Congo

(reçu le 06 février 2019 - accepté le 30 Mars 2019)

Résumé - Les performances d'un moteur à allumage commandé avec carburation, utilisant le mélange essence-bioéthanol (E10) ont été investiguées. Le moteur utilisé dans ce présent travail n'a subi une quelconque modification. Le bioéthanol a été déshydraté pour atteindre un degré de pureté de 99.8 % avant d'être mélangé à l'essence (E0) dont le RON était de 92. Les résultats des essais expérimentaux ont révélé que l'utilisation du E10 dans le moteur apporte des améliorations des performances aussi bien à la charge partielle qu'à la pleine charge. Les meilleures améliorations de la consommation spécifique et du rendement ont été obtenues à la charge partielle. Enfin le moteur n'a présenté aucun problème à chaque régime de la charge.

Abstract - In this work, the performance of an engine using gasoline/bio ethanol blended fuels (E10) were investigated. A spark ignition engine with a carburettor was used without any modification. The bio ethanol was dehydrated to reach a purity degree of 99.8 % before being blended with gasoline (E0) with a RON of 92. The results shown that while using the E10 fuel in the engine, the performances were improved at both partial and full loads. Indeed, the brake specific fuel consumption and the engine efficiency were achieved at partial load. Finally, the engine runned, satisfactory, to the both load regimes.

Key words: Renault 4 engine - Performance - Gasoline - Bioethanol.

1. INTRODUCTION

Le besoin croissant de la demande en énergie et l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre sont des problèmes cruciaux de ce XXI^{ème} siècle [1]. Pour y remédier, plusieurs pistes sont explorées dont les combustibles alternatifs (GPL, Propane, Hydrogène, Biodiesel, Ethanol et Méthanol).

Le bioéthanol est l'un de plus prometteurs combustibles alternatifs grâce à ses propriétés dont, un bon indice d'octane et de cétane, une chaleur de vapeur et une réduction des émissions des gaz à effet de serre [2].

Le bioéthanol est également le biocarburant le plus vieux puisqu'il a été utilisé dès l'apparition du moteur à combustion interne à allumage commandé (en 1876). Il avait été mis à l'écart à l'avènement du carburant fossile.

Aujourd'hui, le bioéthanol peut être utilisé aussi bien dans les moteurs à allumage commandé que ceux à allumage spontané soit à l'état pur, soit mélangé au combustible conventionnel (essence ou diesel).

L'utilisation des mélanges essence-bioéthanol comme combustible dans les moteurs à allumage commandé a fait l'objet de plusieurs études. Ces études ont été menées sur différents modèles expérimentaux et dans des conditions très variées.

* haddy.mbuyi@unikin.ac.cd

De façon générale, il a majoritairement été observé une augmentation du couple, de la puissance et du rendement. Toutefois, la consommation a eu des tendances variées suivant les conditions et paramètres expérimentaux.

Différentes améliorations ont été observées et plusieurs raisons ont été attribuées à cela. Nous présentons ci-dessous le comportement observé par quelques auteurs ainsi que les raisons qui y ont été attribuées.

1.1. La puissance

La puissance à l'arbre du moteur augmente légèrement lorsque la teneur en éthanol augmente dans l'essence. Palmer par exemple, dans son étude, utilise différents mélanges et ses résultats montrent qu'une augmentation du pourcentage d'éthanol de 10 % conduit à l'augmentation de la puissance de 10 % [3]. Ceci serait dû à l'augmentation de la pression moyenne effective pour le mélange à forte teneur en éthanol [4].

L'augmentation de la puissance est aussi due à la chaleur latente de vaporisation de l'éthanol associé au rapport air-combustible et à l'augmentation de la densité de la charge (mélange admis) [5].

Néanmoins, l'augmentation du pourcentage n'est pas toujours le facteur déterminant. C'est le cas par exemple des travaux de Elfasakhany où des mélanges de E3, E7 et E10 ont été testés et comparés à l'essence E0. Il a été conclu que la vitesse du moteur a été le facteur déterminant plutôt que la teneur en alcool (moins de 10%) aussi bien pour la puissance que les autres paramètres [6].

Un autre facteur pouvant fortement influencé, est le système de carburation. En effet, comparant un système à carburateur avec celui à injection utilisant de l'essence pur (RON 95) et mélangé à l'éthanol (E10, E15 et E20).

Pham *et al.* ont remarqué que pour le système à injection, les mélanges n'ont presque pas affecté la puissance alors qu'avec le système à carburation, la puissance a augmenté de 6 % en moyenne. Ceci, malgré la diminution du pouvoir calorifique inférieur (PCI) des mélanges [6].

Pham *et al.* expliquent qu'une raison possible est le fait que l'éthanol joue le rôle d'un additif oxydant permettant une combustion plus complète particulièrement à la pleine charge. Aussi, le système avec carburateur permet un meilleur brassage du mélange. En plus, l'augmentation de la tension de vapeur des mélanges essence-bioéthanol contribue également à l'amélioration du brassage, une faible température d'admission et une augmentation du rendement volumétrique [6, 7].

Les améliorations de la puissance peuvent également varier en fonction du type de véhicule utilisé. Tuan *et al.* par exemple, testant le E10 sur une moto carburée et une voiture à injection en régime stabilisé ont trouvé que la puissance du moteur est améliorée jusqu'à 5.03 % avec la moto carburée et 6.38 % avec une voiture à injection [8].

Plusieurs autres facteurs sont à prendre en compte pour comprendre les améliorations de puissance rencontrées dans la littérature. Mais les facteurs essentiels restent avant tout le couple et la vitesse auxquels la puissance est proportionnelle.

1.2 Le couple

En effet, le couple augmente avec l'utilisation des mélanges essence-bioéthanol [9]. Cette augmentation est due à l'augmentation de la pression moyenne. Cependant, grâce à l'amélioration de la combustion par l'ajout de l'éthanol dans l'essence, il s'est avéré aussi une augmentation de la pression moyenne [2].

Raif *et al.* simulant le E15, E50 et E85 avec le logiciel AVL-Boost trouvent que la pression moyenne effective présente de résultats similaires au couple et à la puissance.

La pression moyenne indiquée augmente de 1.16, 3.25 et 1.67 % donnant lieu à une augmentation du couple de 1.29 %, 3.62 % et 1.86 %, respectivement pour le E15, E50 et E85 [2].

D'autres études ont révélé que le système de carburation ainsi que le régime (charge) ont également une grande influence sur le couple. En effet, Hseih *et al.* étudiant les performances d'un moteur à injection utilisant de l'essence et des mélanges (E5-E30), trouvent que le couple augmente avec l'augmentation de l'ouverture de la vanne papillon (de la charge partielle à la pleine charge).

Ils trouvent également que le couple est assez sensible aux variations du pourcentage de l'éthanol [10]. Aussi, le système d'injection a tendance à faire fonctionner le moteur dans les conditions de richesse lorsque le moteur tourne à des grandes vitesses ou à la charge partielle. Toutefois, l'addition de l'éthanol a tendance à augmenter le coefficient d'excès d'air (λ) et à rapprocher d'une combustion stœchiométrique (complète). D'où, une meilleure combustion et une augmentation du couple [10].

1.3 La consommation

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) et la densité des mélanges sont les facteurs majeurs dont dépend la consommation spécifique du combustible [9]. Ainsi, en fonction des caractéristiques des mélanges et des puissances obtenues, la tendance de la consommation peut varier d'un auteur à un autre.

Comparant le E50 et E85 à l'essence, Koç *et al.*, observent une augmentation de la consommation de 16.1 % et 36.4% avec le E50 et E85, respectivement [11]. Thuan *et al.* utilisant le E10 sur une moto et une voiture remarquent une augmentation de 5.41 % pour la moto et 4.19 % pour la voiture [8].

Celik *et al.* analysant les performances des différents mélanges essence-bioéthanol (E25, E50, E75, E100), remarquent que par rapport à l'essence, la consommation des E25, E50, E75 et E100 augmente respectivement de 10, 19, 37 et 56 % pour un taux de compression de 6/1. Par contre, avec un taux de compression de 10/1, la consommation du E50 baisse légèrement de 3 % [12]. Ceci permet de démontrer l'influence du taux de compression sur la consommation.

Outre, le taux de compression, le PCI, la densité et la puissance, un autre facteur déterminant est la vitesse de rotation. En effet, la consommation peut avoir de tendances variées suivant différentes plages de vitesse.

Raif *et al.* observent que la consommation spécifique décroît jusqu'à un certain point (entre 2000 et 3000 tr/min) avec l'augmentation du pourcentage de l'éthanol. En Comparant le E15, E50 et E85 à l'essence, la consommation a baissé en moyenne de 2.26, 6.76 et 5.74 % respectivement [2]. Najafi *et al.* trouvent des résultats similaires [13].

Le système de carburation utilisé peut également avoir de l'influence sur la consommation. En effet, Pham *et al.* remarquent que pour un système avec carburateur, la consommation (en kg/100 km) des E10, E15 et E20 baisse de 1.8, 3.8 et 5.1 % respectivement tandis que pour le système avec injecteur ; elle baisse légèrement de 0.8% avec le E10 et augmente de 0.92 et 2.34 % avec le E15 et E20 respectivement. La consommation est donc moins affectée avec l'utilisation du système avec injecteur [7].

D'autres performances sont également observées au niveau du rendement volumétrique et thermique,... ; ainsi que des améliorations des propriétés physico-chimiques des mélanges.

Thakur *et al.* présentent avec détails différentes performances des moteurs à essence utilisant des mélanges essence-bioéthanol ainsi que les progrès observés ces dernières années dans l'analyse de ces performances [9].

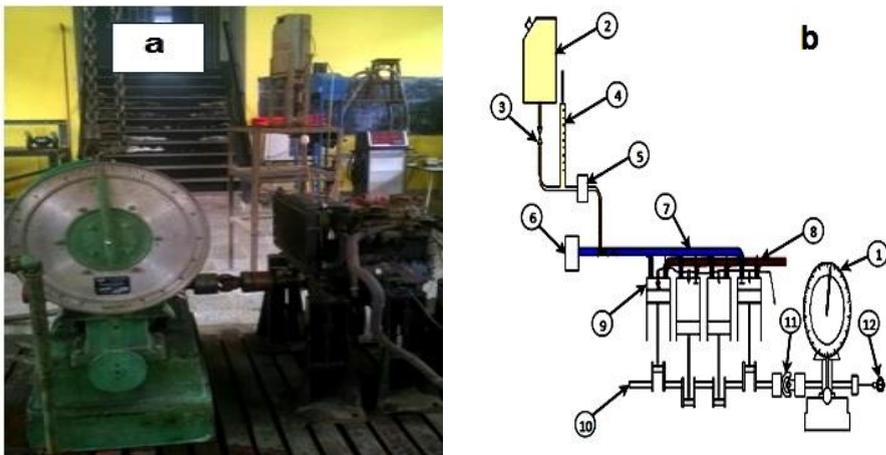
Dans cette étude expérimentale, nous allons nous intéresser aux performances d'un moteur à essence (sans le modifier) et évaluer les améliorations ainsi que le comportement que présentera le moteur à la pleine charge et la charge partielle. Une attention particulière sera portée sur la consommation dont les tendances dans la littérature sont variées.

2. MATERIELS ET METHODES

Dans cette étude, de l'essence à l'état pur (E0) et en mélange avec l'éthanol (E10) ont été testés sur un moteur à allumage commandé. Le E10 a été obtenu en mélangeant 90 %v/v d'essence (Ron 92) avec 10 %v/v d'éthanol préalablement traité. L'éthanol de cannes à sucre utilisé dans ce présent travail, a été produit par la compagnie sucrière de Kwilu-Ngongo. Il présentait un taux de pureté de 96 %. Avec ce taux, on constate la présence de l'eau (environ 4 %) et pour y remédier, un traitement postérieur a été mis en point.

Ce traitement consistait à utiliser un réactif déshydratant. Le CaO (oxyde de calcium ou chaux vive) a été utilisé comme réactif déshydratant et ceci a permis d'avoir un taux en éthanol de 99.8 %. Ce choix a été justifié par sa facilité de mise en oeuvre, son faible coût et surtout sa capacité à être réutilisée. Les carburants, ainsi obtenus, ont été analysés auprès de la Sep-Congo suivant les spécificités des normes américaines ASTM, prises pour référence en RDC.

Un moteur Renault 4, du type Billancourt des années 80, dont les caractéristiques sont reprises dans le **Tableau 1**, a été monté sur un banc d'essai afin de permettre de tester les différents combustibles. Ce moteur a été accouplé à un frein hydraulique à vortex d'eau de marque Bauart Junker. La figure 1 présente le banc d'essai (figure 1.a) et son schéma de principe (figure 1.b).



1. Frein hydraulique; 2. Réservoir carburant; 3. Vanne d'alimentation carburant; 4. Burette; 5. Filtre à carburant; 6. Filtre à air; 7. Conduite d'alimentation d'air; 8. Conduite d'échappement; 9. Cylindres; 10. Vilebrequin; 11. Joint de cardan; 12. Tachymètre.

Fig. 1: Présentation du banc d'essai (a) et de son schéma de principe (b)

Les tests du moteur ont été effectués à des charges différentes, pleine charge et charge partielle (1/2). Pour chaque régime de la charge, une variation du débit d'eau alimentant le frein hydraulique a été utilisée afin d'obtenir simultanément la variation du couple et de la vitesse de rotation. Les valeurs du couple, de la vitesse de rotation et

la consommation ont été prélevées pour chaque variation du débit d'eau; le contrôle du débit étant réalisé grâce à la vanne d'alimentation du frein hydraulique. Aucune modification (avances, retards,...) n'a été effectuée sur le moteur. Les combustibles (E0 et E10) ont été testés l'un après l'autre en commençant par le E0 (essence) pris pour référence.

Tableau 1: Spécificité au moteur

| | |
|---------------------------------|------------------------|
| Modèle – Indice | Billancourt – 800S61 |
| Année de fabrication | 1983 |
| Nombre de cylindre– Type moteur | 4 cylindres– 4 temps |
| Ordre d'allumage | 1-3-4-2 |
| Cylindrée | 845 cm ³ |
| Alésage x Course | 58 x 80 mm |
| Volume chambre de combustion | 27.3 cm ³ |
| Carburant | Carburateur simple |
| Taux de compression | 8 : 1 |
| Hauteur culasse | 94.7 ou 96.4 mm |
| Puissance SAE | 32 ch à 4800 tr/min |
| Régime | 4700 |
| Couple | 5.9 kg.m à 2300 tr/min |
| Refroidissement | A l'eau avec radiateur |

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats d'analyses des carburants (E0 et E10), ainsi que ceux des essais moteurs à la pleine charge et à la charge partielle sont présentés graphiquement. En se référant à ces résultats expérimentaux, une discussion sur le comportement du moteur fonctionnant au E0 ainsi qu'au E10 est présentée par la suite, dans ce travail.

3.1 Résultats d'analyses sur les carburants

Le **Tableau 2**, présente les propriétés physico-chimiques des carburants (E0 et E10). On y observe une augmentation de l'indice d'octane et de la masse volumique avec le E10. Cette amélioration de l'indice d'octane garantit un fonctionnement loin de la zone de cliquetis avec le E10.

On y observe également une diminution du pouvoir calorifique inférieur (PCI), lorsqu'on ajoute de l'éthanol à l'essence de référence (E10). Toutefois, cette diminution reste dans les limites spécifiées par l'ASTM. En outre, il convient de signaler que les différents paramètres du E10 restent conformes aux spécifications des normes ASTM.

3.2 Résultats des essais en pleine charge

Les performances des essais en pleine charge sont présentées sur les figures 2 à 5. On y présente l'allure des courbes caractéristiques du couple, de la puissance, de la consommation spécifique et du rendement à la pleine charge.

3.2.1 Couple

Les allures des courbes du couple obtenues avec l'essence (E0) et le E10 sont présentées sur la figure 2. On y observe que le couple croît légèrement avec la vitesse de rotation jusqu'au tour de 1900 tr/min pour ensuite décroître considérablement.

En comparant le E10 au E0, on voit que le E10 offre les valeurs de couple élevés et sa courbe du couple reste au-dessus du E0 durant tout le fonctionnement du moteur. Cette augmentation avec le E10 est due à la présence de l'éthanol dans l'essence. Ce résultat concorde bien avec la tendance rapporté dans la littérature [2, 7, 9].

Nous pouvons également déduire que l'amélioration de la pression moyenne effective (pme) du E10 a dû conduire à l'augmentation de son couple.

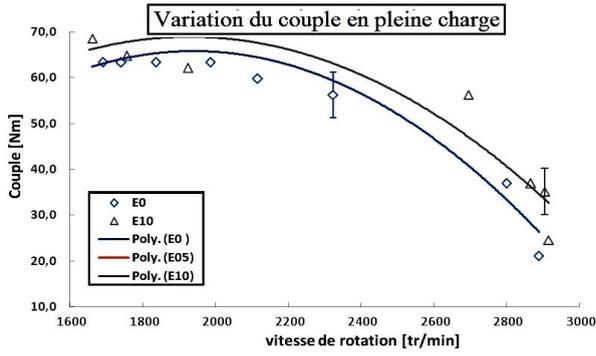


Fig. 2: Variation du couple en fonction de la vitesse de rotation à la pleine charge

3.2.2 Puissance

Sur la figure 3, les allures des courbes de la puissance du E0 et E10 sont présentées. On y observe que les courbes de puissance croissent proportionnellement à la vitesse de rotation et atteignent le maximum entre 2200 et 2400 tr/min. Au-delà, les courbes décroissent suite à l'augmentation des pertes par friction.

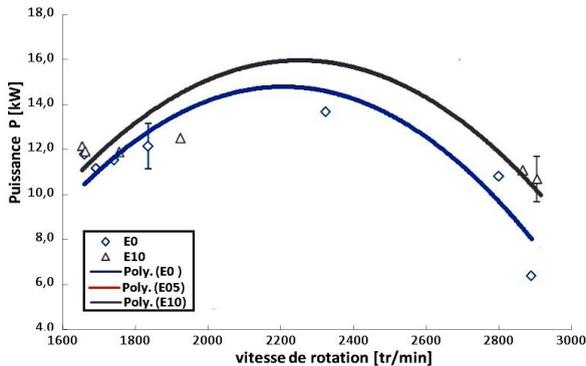


Fig. 3: Variation de la consommation spécifique à la pleine charge en fonction de la vitesse de rotation:

En comparant le E0 au E10, on remarque bien que le E10 offre des puissances largement supérieures à l'essence (E0). L'amélioration de la puissance du E10 est essentiellement due à l'augmentation du couple et de la vitesse auxquels elle est proportionnelle.

Aussi, au-delà de 2300 tr/min, on constate des écarts plus grands entre le E10 et le E0. Ceci sous l'influence combiné du couple et de la vitesse de rotation. Ainsi, pour des grandes vitesses de rotation, on a des plus grandes améliorations de la puissance avec le E10.

Il semblerait donc que le E10 soit moins sensible aux pertes par friction que le E0, au vue de ces grands écarts. Toutefois, un examen plus approfondi sur la question s'avère indispensable avant de tirer des telles conclusions.

Quoiqu'il en soit, une nette amélioration de la puissance est obtenue avec le E10 grâce à l'ajout de l'éthanol dans l'essence et ce résultat concorde bien à celui rapporté dans la littérature par Raif, Palmer, Elfasakhany et les autres [2, 3, 6].

3.2.3 Consommation spécifique

Les allures des courbes de la consommation spécifique du E0 et du E10 sont illustrées dans la figure 4. Cette consommation spécifique est en réalité le rapport entre la puissance et le débit de combustible consommé. C'est la quantité de combustible nécessaire pour réaliser un travail donné.

Comme indiqué à la figure 4, la vitesse de rotation influence la consommation spécifique qui décroît jusqu'à une certaine valeur avoisinant 2050 tr/min. On y remarque aussi que l'allure des courbes de la consommation spécifique est inverse à celle de la puissance. Ceci est bien en accord avec la théorie qui indique que la consommation est inversement proportionnelle à la puissance.

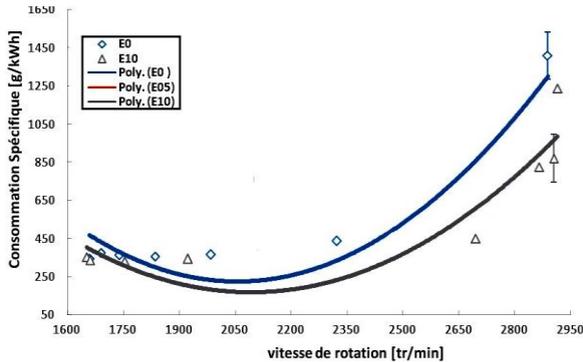


Fig. 4: Variation de la consommation spécifique à la pleine charge en fonction de la vitesse de rotation

En comparant le E10 au E0, on remarque une réduction de la consommation spécifique avec le E10. Ce qui coïncide bien avec les résultats obtenues par Raif, ainsi que d'autres auteurs [2, 13]. Soulignons notamment que c'est l'influence de la puissance qui a été prépondérante conduisant à l'amélioration de la consommation spécifique. Cette réduction de la consommation spécifique est due à l'amélioration de la combustion grâce à l'addition de l'éthanol dans l'essence comme rapporté dans la littérature [2].

Soulignons également le grand écart entre le E10 et le E0 à des très grandes vitesses. De même que pour la puissance, il apparaît que le E10 a été moins sensible aux pertes par friction.

3.2.4 Rendement effectif

La figure 5 présente de façon superposée, l'allure des courbes du rendement en fonction de la vitesse de rotation (courbes du dessus) et de la puissance (courbes du dessous). On y remarque que le rendement diminue avec la vitesse de rotation alors qu'elle augmente avec la puissance jusqu'à un certain point.

Sur la dite figure (figure 5), on observe qu'en fonction de la vitesse, le rendement du E10 est supérieur à celui du E0 sur toute la plage des vitesses. En fonction de la puissance, on voit qu'en dessous de 12 kW, l'essence présente des meilleurs rendements contrairement aux plus grandes puissances (au-delà de 12 kW) où c'est le E10 qui est meilleur. En effet, on constate un comportement identique au point d'intersection correspondant à une puissance de 12 kW.

La majeure partie des travaux rencontrés dans la littérature ne présente le comportement du rendement qu'en fonction de la vitesse de rotation et non de la puissance. Ainsi, il nous est difficile de confronter le comportement observé pour le rendement en fonction de la puissance avec les résultats antérieurs rapportés par d'autres auteurs.

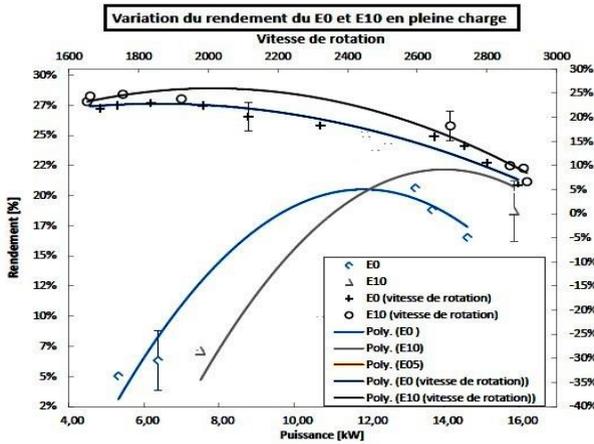


Fig. 5: Variations des performances du E10 par rapport à l'essence à la charge partielle et à la pleine charge

Toutefois, il demeure évident que l'amélioration du rendement avec le E10 est principalement due à l'augmentation de la puissance grâce à la présence de l'éthanol dans l'essence comme la plupart des auteurs le rapporte [2, 3, 7, 9], et ce au delà de 12 kW pour le cas du moteur étudié.

3.3 Résultats des essais en charge partielle

Les résultats des essais en charge partielle présente des allures (courbes) similaires à celles observées en pleine charge (quoique les écarts soient différents). Ainsi, pour rendre plus explicite les résultats et faciliter leur interprétation, nous nous contenterons de présenter uniquement les écarts observés entre l'essence (E0) et le E10.

De façon générale, le fonctionnement du moteur en charge partielle se caractérise par une combustion avec des mélanges pauvres. Ce qui implique une diminution du couple et une augmentation du rendement en charge partielle [14]. Les résultats obtenus en charge partielle suivent cette tendance générale.

A titre d'exemple à la figure 6, les variations des différents paramètres du E10 à la charge partielle sont comparées à l'essence de référence. Afin de faciliter une bonne discussion, on y a associé celles de la pleine charge.

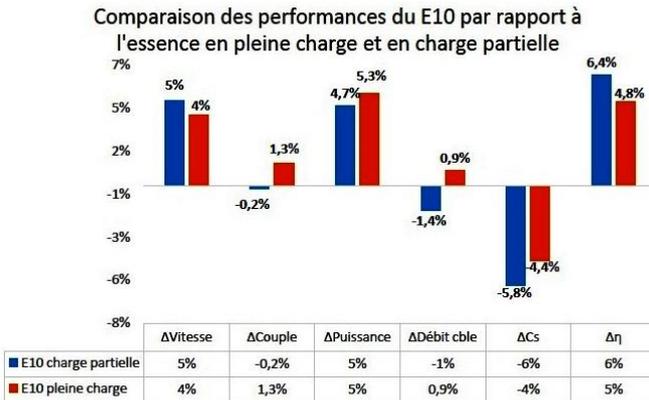


Fig. 6: Variations des performances du E10 par rapport à l'essence à la charge partielle et à la pleine charge

Tableau 2: Propriétés physico-chimique des carburants (E0 et E10)

| Paramètres | E0 | E10 | Spécifications ASTM |
|---|----------|----------|---------------------|
| Aspect | C & L | C & L | C & L |
| Masse volumique à 15°C, kg/m ³ | 749.5 | 756.4 | 725.0 -790.0 |
| Indice d'octane (Ron) | 92.4 | 98.9 | Min 91.0 |
| Résidu (% vol.) | 1 | 1.5 | max 2.0 |
| Pertes (% vol.) | 1 | 0.5 | - |
| Température (20% - 10 %) °C | 11 | 6 | min 8.0 |
| Teneur en cendres | 0 | 0 | - |
| Teneur en eau | 0 | 0 | - |
| Teneur en soufre (% masse) | 0.028 | 0.028 | Max 0.03 |
| Teneur en soufre (pp) | - | 119 | - |
| Volume distillé (100 ml de départ) | - | 98 | - |
| Pouvoir calorifique inférieur (MJ/kg) | 43.85 | 43.781 | min 42 |
| Pouvoir calorifique inférieur (kcal/kg) | 10480.49 | 10463.97 | - |
| Température de distillation (°C) | | | |
| Point initial (°C) | 35 | 38 | - |
| 10% (°C) | 55 | 55 | max 70 |
| 20 % (°C) | 66 | 61 | - |
| 50 % (°C) | 100 | 96 | max 115 |
| 90 % (°C) | 166 | 162 | max 180 |
| Point Final (°C) | 205 | 222 | max 215 |

En effet, on constate que comparé à l'essence :

1°) La vitesse de rotation du E10 a augmenté respectivement de 5 et 4 % pour la charge partielle et la pleine charge. Dans la plupart des travaux rencontrés dans la littérature, on étudie l'évolution des différents paramètres (couple, puissance,...) en considérant la même vitesse de rotation. C'est pourquoi aucune comparaison sur la variation de la vitesse n'y est faite.

Dans ce travail, comme expliqué au point 2 traitant des matériels et méthodes, nous avons fait varier simultanément le couple et la vitesse de rotation en agissant sur le débit d'eau du frein hydraulique grâce à la vanne d'alimentation en eau, servant alors de dispositif de contrôle du frein (unique possibilité avec le banc d'essai utilisé). Ainsi, comme nous pouvons le voir sur la figure 6, des améliorations de la vitesse de rotation à la charge partielle et à la pleine charge ont été obtenues avec le E10. Et c'est en charge partielle qu'une plus grande amélioration de la vitesse a été obtenue.

2°) Le couple du E10 a augmenté de 1.3 % en pleine charge alors qu'il a baissé très légèrement de 0.2 % en charge partielle. Cette diminution du couple en charge partielle avec le E10 pourrait s'expliquer par les conditions de pauvreté dans lesquelles s'effectue la combustion.

Dans la littérature, Hsieh *et al.* [10], trouvent aussi des valeurs de couple très proche entre le E10 et le E0 à la charge partielle, tandis qu'à la pleine charge, les écarts sont assez visibles. Toutefois à la charge partielle (ouverture du papillon à 20, 40 et 60 %), pour différentes vitesses de rotation, les résultats de Hsieh *et al.* montrent que comparé au E0, le E10 et autres mélanges essence-bioéthanol (E5, E20, E30) présentent des tendances très variées (tantôt augmentation, tantôt diminution) mais toujours avec des légers écarts.

Ces tendances variées pourraient s'expliquer par le fait que les mélanges essence-bioéthanol sont des pseudo- mélanges homogènes très peu stables pouvant présenter des comportements variés (à différentes vitesse, température,...).

3°) La puissance du E10 augmente en moyenne de 4.7 et 5.3 % respectivement en charge partielle et en pleine charge comme le montre la figure 6. On peut y voir

clairement l'action combinée du couple et de la vitesse de rotation sur la puissance. La vitesse a été un facteur déterminant, comme l'a également rapporté Elfasakhany [6] dans la littérature, surtout en charge partielle où la puissance a augmenté en dépit de la diminution du couple.

4°) Le débit massique du E10 (en g/s) a baissé de 1.4 % en moyenne à la charge partielle, alors qu'elle a augmenté légèrement de 0.9 % en moyenne à la pleine charge comme on peut le voir sur la même figure. En charge partielle, on a donc une amélioration du débit. Cette diminution du débit massique en charge partielle peut être associée à la diminution de la quantité du combustible admis et surtout à la présence de l'éthanol dans le mélange carburé.

Dans la littérature, Pham *et al.* [6] utilisant un véhicule avec carburateur trouvent que la consommation (en g/100 km) baisse de 1.8 % avec le E10. Ils expliquent qu'en utilisant le système avec carburateur, on a un meilleur brassage, une faible température d'admission et une augmentation du rendement volumétrique grâce à la chaleur latente de vaporisation et la tension de vapeur élevée des mélanges essence-bioéthanol [7].

5°) La consommation spécifique du E10 (en g/kWh) baisse en moyenne de 5.8 et 4.4 % respectivement en charge partielle et en pleine charge. La meilleure amélioration de la consommation spécifique est obtenue à la charge partielle. Ceci à cause de la diminution du débit massique à la charge partielle.

Hsieh *et al.* [10] trouvent également des améliorations de la consommation spécifique avec le E10 en charge partielle comme en pleine charge. Néanmoins, les écarts obtenus par Hsieh *et al.*, restent faible à certaines vitesses et ouvertures du papillon, particulièrement à la pleine charge. Ces légers écarts pourraient s'expliquer par le fait que Hsieh *et al.* utilisent un système de carburation avec injecteur. En effet, les résultats de Pham *et al.* [6] ont montré qu'en utilisant le système avec injecteur, les mélanges essence-bioéthanol (E10, E15, ...) affectent peu la consommation.

6°) Le rendement du E10 augmente de 6 et 5% en moyenne respectivement en charge partielle et à la pleine charge. L'augmentation du rendement du E10 est obtenue grâce aux nettes améliorations de la puissance (charge partielle et pleine charge).

La meilleure amélioration du rendement est obtenue en charge partielle puisqu'il bénéficie de l'action combinée de l'amélioration de la puissance et du débit massique du combustible. Il est logique qu'on ait la meilleure amélioration du rendement à la charge partielle puisque comme l'explique Trapy, la charge partielle est caractérisée par une augmentation du rendement [14].

4. CONCLUSION

Dans la présente étude, les performances d'un moteur à allumage commandé ont été investiguées. Un moteur Renault 4 du type Billancourt des années 80 a été testé avec de l'essence (E0) et un mélange essence-bioéthanol (E10). Le moteur a été monté sur un banc d'essais où il a été accouplé à un frein hydraulique.

Il ressort de cette étude que l'utilisation du E10 permet l'amélioration des performances du moteur étudié. On a observé une augmentation du Couple, de la puissance et du rendement ainsi qu'une diminution de la consommation spécifique lors du fonctionnement du moteur à la pleine charge.

A la charge partielle, on a observé une légère baisse du couple. Mais c'est surtout la diminution du débit massique du E10 qui a eu une grande incidence puisque combiné à l'augmentation de la puissance (grâce à l'augmentation de la vitesse). Cela a permis

d'obtenir la meilleure amélioration de la consommation spécifique et du rendement, avec le E10 en charge partielle.

Néanmoins, aucune analyse des émissions n'a pu être réalisée jusqu'ici par manque d'un analyseur de gaz. Nous suggérons de mener des études sur l'analyse des émissions afin d'évaluer la pollution et par la suite de faire des essais de longévité afin de mieux faire ressortir le comportement du E10 sur ce type de moteur.

NOMENCLATURE

| | |
|---|---|
| ASTM: American Society for Testing Materials | Exx: Mélange Essence-Bioéthanol, pourcentage en volume est de xx% |
| BtL: Biomass to Liquid | Cs: Consommation Spécifique |
| CaO: Oxyde de Calcium (Chaux vive) | GPL: Gaz de Pétrole Liquéfié |
| Poly: Courbe de tendance polynomiale d'ordre 2 | PCI (ou PEI): Pouvoir Calorifique Inférieur (Pouvoir Energétique Inférieur) |
| ppm: partie par millions | RDC: République Démocratique du Congo |
| RON: Research octane number (indice d'octane recherché) | Sep-Congo: Société d'Exploitation Pétrolière du Congo |
| UK: Université Kongo | v/v: Rapport volumique |
| Uni-Kin: Université de Kinshasa | λ : Coefficient d'excès d'air |

REMERCIEMENT

Ce travail a pu être réalisé grâce à la collaboration entre la Faculté Polytechnique de l'Université Kongo et celle de l'Université de Kinshasa (Uni-Kin). Elle a aussi reçu l'appui du Centre de Recherche en Energie et Informatique appliquées de l'Université Kongo (CREI-UK).

Les auteurs remercient toutes les personnes (physique et morale) qui ont participé à la réalisation de ce travail, particulièrement le professeur Kazadi Mabrika, Doyen de la Faculté Polytechnique de l'Uni-Kin, pour avoir mis l'équipement expérimental à notre disposition ; les techniciens du Laboratoire de Moteur à Combustion Interne, Messieurs F. Nsimba, P. Nkabulu, R. Mpaba et celui du Laboratoire de Chimie, H. Kaseya, tous de l'Uni-Kin, sans oublier la Sep-Congo qui a aidé à analyser les différents combustibles.

REFERENCES

- [1] H.M. Katshiatshia, V. Dias and H. Jeanmart, '*Experimental and Numerical Study of Ethyl Valerate Flat Flames at Low Pressure*', Combustion Science and Technology, Vol. 190, N°4, 2018. <https://doi.org/10.1080/00102202.2017.1403910>.
- [2] R. Kenanoglu, M.K. Baltacioglu, E. Baltacioglu and K. Aydin, B. Kaan, '*Theoretical determination of optimum ethanol fuel blends rate within gasoline*', Cappadocia, Turkey, 6th International Conference on Renewable Fuels Combustion and Fire. pp. 51-58, May 18-21, 2017.
- [3] F.H. Palmer, '*Vehicle performance of gasoline containing oxygenates*', London, UK: Institution of Mechanical Engineers Conference Publications, MEP, 1986. International conference on petroleum based and automotive applications. pp. 33 - 46, 1986.
- [4] R. Clemente, R. Werninghaus, E. Coelho and L. Sigaud Ferraz, '*Development of an internal combustion. The development and performance of a high blend ethanol fuelled vehicle*', Arlington, Virginia, Society of Automotive Engineers, 2000 Future car congress. SAE 2000-01-1602.
- [6] A. Elfasakhany, '*The Effects of Ethanol-Gasoline Blends on Performance and Exhaust Emission Characteristics of Spark Ignition Engines*', International Journal of Automotive Engineering, Vol. 4, N°1, pp. 19 - 28, 2014.

- [7] P.H. Truyen, P.H. Tuyen, P.M. Tuan and L.A. Tuan, '*Influence of E10, E15 and E20 fuels on performance and emissions of in-use gasoline passenger cars*', ASEAN Engineering Journal, Vol. Part C, Vol. 4, N°2, pp. 33 - 40, 2012.
- [8] L.A. Tuan and P.M. T, '*Impacts of gasohol E5 and E10 on performance and exhaust emissions of in-used motorcycle and car: a case study in Vietnam*', 73B, Vietnamese Journal of Science and Technology, pp. 98 - 104, 2009.
- [9] A.K. Thakur, A.K. Kaviti, R. Mehra and K.K.S. Mer, '*Progress in performance analysis of ethanol-gasoline blends on spark ignition engine- An review*', Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 69, pp. 324 - 340, 2017.
- [10] W.D. Hsieh, R.H. Chen, T.L. Wu and T.H. Lin, '*Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels*', Atmospheric Environment, Vol. 36, N°3, pp. 403 - 410, 2002.
- [11] M. Koç, Y. Sekmen, T. Topgül and H.S. Yücesu, '*The effects of ethanol-unleaded gasoline blend on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine*', Renewable Energy, Vol. 34, N°10, pp. 2101 - 2106, 2009.
- [12] M. Bahattin Celik, '*Experimental determination of suitable ethanol-gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine*', Applied Thermal Engineering, Vol. 28, N°5-6, pp. 396 - 404, 2008.
- [13] G. Najafi, B. Ghobadian, T. Tavakoli, D.R. Buttsworth, and M. Faizollahnejad, '*Performance and exhaust emissions of a gasoline engine with ethanol blended gasoline fuels using artificial neural network*', Applied Energy, Vol. 86, N°5, pp. 630 - 639, 2009.
- [14] J. Trapy, '*Moteur à allumage commandé*', Technique de l'Ingénieur, Traité de Génie Mécanique, pp. BM 2 540, pp. 1- 20, 2009.