

Utilisation de l'huile de palme comme carburant dans les moteurs diesels.

Résumé du Travail de Fin d'Etude de Barthélemy De Theux

L'objectif premier de ce mémoire est l'étude de l'utilisation de l'huile de palme comme carburant dans les moteurs diesels. Cette étude est axée sur cet emploi dans les pays africains. L'avantage principal réside dans le faible coût d'achat de l'huile par rapport au diesel ainsi que sa facilité d'obtention.

Cependant, l'utilisation de cette huile soulève quelques problèmes dus à la différence des propriétés physiques et chimiques entre l'huile de palme et le diesel.

Ils sont au nombre de cinq:

- 1.1 La Viscosité
- 1.2 Le Point d'éclair
- 1.3 La Polymérisation
- 1.4 Les Réactions chimiques
- 1.5 Les Réactions physico-chimiques

1.1. La viscosité

L'huile de palme a une viscosité semblable à celle de l'huile de colza, à savoir environ 70 mm²/s (à 20°C) et 40 mm²/s (à 40°C).

Pour permettre son utilisation dans un moteur diesel, elle doit avoir une viscosité de l'ordre de 4,5 à 5mm²/s. Pour y parvenir, trois méthodes sont envisageables, soit la réchauffer, soit utiliser un mélange diesel - huile de palme, soit lui faire subir une réaction d'estérification.

Dans la pratique, nous avons retenu la première possibilité grâce à sa facilité de mise en œuvre.

Le mélange diesel - huile présente quant à lui l'inconvénient d'utiliser du diesel de manière continue, ce qui n'est pas dans l'optique première de nos recherches.

Et enfin pour la réaction d'estérification, intervient ici l'aspect économique, en effet, cette réaction augmente le prix de revient de l'huile. Cette réaction chimique va permettre une modification favorable de la viscosité.

1.2. Le Point d'éclair

C'est la température à laquelle un fluide émet suffisamment de vapeurs pour qu'il puisse s'enflammer au contact d'une flamme ou d'une étincelle. Pour le diesel, il se trouve aux alentours de 90°C tandis que pour l'huile il se situe vers les 280-300°C.

Cette propriété influence fortement la combustion. En effet, l'huile s'enflammera moins facilement que le diesel. Afin de remédier à ce problème, on peut démontrer qu'il suffit d'augmenter la température de fin de compression du cycle moteur d'une septantaine de degrés. Pour y arriver plusieurs méthodes sont envisageables.

La première consiste à jouer sur les paramètres d'avance à l'injection. C'est une méthode simple et non coûteuse. En effet, si l'on retarde l'avance à l'injection, la durée de compression est plus longue, d'où une élévation de température en fin de compression. On peut ainsi facilement gagner 60°C, cependant, on observera une faible diminution de rendement.

On peut remarquer aussi que plus le moteur tourne lentement et plus il est chargé, plus chaud sont les gaz d'échappement. Ces derniers reflètent la température interne du moteur. Il est donc intéressant de tourner à bas régime et à pleine charge afin d'assurer une température dans la chambre de combustion la plus élevée possible.

Grâce à différents essais réalisés chez AAN en Allemagne, nous pouvons constater que dans le cas d'un moteur à injection indirecte, un retard de l'avance à l'injection de 5 à 8°V par rapport au réglage du diesel suffirait pour obtenir une température suffisante à une bonne combustion.

Dans le cas d'une injection directe, une avance de seulement 2 à 3°V est à prévoir. Toutefois, cela ne suffit pas à augmenter suffisamment la température de la chambre. Ces types de moteurs envahissent le marché agricole et les moteurs industriels. C'est pourquoi, nous nous sommes intéressés à une méthode très utilisée en Allemagne afin d'augmenter encore la température de fin de compression.

Les ingénieurs de chez AAN ont développé un piston dans un matériau ayant des propriétés thermiques particulières, le "Ferro-therm". Ce matériau permet de garder une température suffisamment élevée pour garantir une combustion optimale, également à bas régime. C'est une méthode très intéressante à développer mais assez onéreuse étant donné qu'il faut repenser complètement le dimensionnement du piston, ce qui n'est pas rentable en petite série.

Une autre méthode pour obtenir une température convenable est la réinjection d'une certaine proportion de gaz brûlés. En effet, cette méthode permet de réchauffer l'air d'admission provoquant une augmentation de température en fin de compression. C'est une méthode tout à fait possible grâce au fait que le moteur en charge partielle absorbe un excès d'air important qui peut être remplacé en partie par des gaz chauds d'échappement.

Ce sont toutes des méthodes qui varient un peu d'un moteur à l'autre, on ne peut définir des règles et des proportions bien déterminées. C'est pour cela que des tests de moteurs devront être effectués afin d'en sortir des résultats convaincants. Ce réglage se fera de manière simple, à savoir un minimum de fumées noires, pas d'odeur d'huile, et un bon bruit moteur.

1.3. La Polymérisation

Une huile végétale, contenant des doubles liaisons, est assez fort sensible à ce phénomène de polymérisation. En effet, l'huile de palme à tendance, en présence de l'oxygène comme initiateur, d'additionner ses doubles liaisons et de former de plus longues chaînes hydrocarbonées. Le nombre de doubles liaisons contenues dans l'huile varie fortement suivant sa composition. Celle-ci varie en fonction des variétés de palmiers à huile.

On peut classer les différentes huiles végétales en fonction des pourcentages de liaisons saturées, mono-insaturés, bi-insaturées et tri-insaturées. L'huile de palme se situe dans la partie favorable au point de vue des liaisons saturées. Elle aura donc une faculté de moins polymériser que la majeure partie des autres huiles, cela lui confère un atout supplémentaire dans son utilisation comme carburant.

La plus importante des conséquences d'une polymérisation de l'huile, se situe à l'endroit de l'injecteur. Il s'y produit le phénomène de cocking : il s'agit de la formation de dépôts au nez des injecteurs, lors de l'usage d'une huile végétale naturelle comme carburant, à cause d'une température des têtes d'injecteurs inférieures au point. Ce dépôt a bien sûr une influence sur le jet et, à son apparition, il peut se former des " trompettes " qui dévient les jets et détruisent la qualité de la combustion. Une trompette est une boule de dépôt qui se manifeste lors d'une combustion incomplète, due à une obturation partielle de l'injecteur, avec formation de carbone libre et dépôt de celui-ci au niveau de la culasse. De plus, cette formation est d'autant plus accentuée que la charge appliquée est faible, vu une température dans la chambre de combustion plus faible aussi. Il est donc recommandé de travailler à pleine charge.

Pour combattre ce désagrément de polymérisation, divers essais ont été effectués. Ces expériences ont pu démontrer que l'injecteur à un seul jet, était le plus adapté pour ce genre d'application. De plus, les recherches ont abouti à un calibre idéal de l'injecteur aux alentours de 0,2 à 0,3 mm², évitant ainsi la formation de " trompette " due au phénomène de "cocking".

Mentionnons aussi que le rinçage au diesel évite la formation d'un dépôt trop important, d'où l'avantage de démarrer et d'arrêter le moteur au diesel.

1.4. Les réactions chimiques

Le problème principal réside dans l'acidité de l'huile de palme et le caractère basique de l'huile de lubrification. En effet, dans les moteurs, il y a inévitablement une petite quantité de carburant qui vient se mélanger à l'huile lubrifiante.

La plus grande partie de l'huile végétale qui passe à travers les segments, pour venir se mélanger à l'huile lubrifiante, se produit lors du démarrage du moteur à froid avec l'huile végétale. En effet, à ce moment, les segments sur le piston ne procurent pas une étanchéité suffisante pour éviter le passage de l'huile végétale vers le carter. De plus, lors de la mise en marche du moteur, la combustion n'est vraiment pas favorisée dû au fait que la température de la chambre de combustion est encore à température ambiante. Un autre point important est qu'au démarrage, on injecte beaucoup trop de carburant et de plus on travaille à vide. Il

s'agit d'une quantité parfois même dix fois supérieure à la stœchiométrie demandée par la combustion.

Comme énoncé précédemment, l'huile lubrifiante est basique à l'origine. Lors d'un mélange de cette huile basique avec une autre huile acide, en l'occurrence le carburant, il se produit une réaction chimique avec formation irréversible d'un " savon " ou plutôt dans le jargon on parle de " mayonnaise ". Cette réaction chimique, assez forte et rapide, est d'allure exponentielle et se produit aussi bien lors du fonctionnement du moteur, mais aussi lorsque le moteur est au repos. Cette réaction est d'autant plus rapide que la température est élevée.

Dans ce cas là, l'huile perd toutes ses propriétés lubrifiantes, voit sa viscosité augmenter et son degré basique diminuer fortement. Des expériences ont pu montrer qu'après environ 300 heures de fonctionnement les propriétés de l'huile commencent à se détériorer. Le pourcentage d'huile carburant atteint alors 1 à 2% de l'huile lubrifiante. Il est donc intéressant de remplacer l'huile après ces délais. On peut tout de même placer une limite à ne pas dépasser qui est de 400 heures de marche. À ce stade, le pourcentage d'huile carburant atteint les 4 à 5% d'huile moteur, la viscosité de l'huile moteur affiche 100 mm²/s à 20°C, et le degré basique a perdu 50%.

Pour mesurer la viscosité, nous disposons généralement en Europe du matériel adéquat. Ce qui n'est pas souvent le cas en Afrique. Pour y remédier, un petit système très simple peut être imaginé pour déterminer le moment où il est indispensable de vidanger le moteur.

Il suffit tout simplement de disposer d'un plan incliné, muni de deux canaux, dans un matériau ni trop rugueux, ni trop lisse. La méthode consiste à comparer, simultanément et côte à côte, l'écoulement de l'huile moteur usagée avec une huile de lubrification neuve. Si l'huile usagée coule un peu plus vite que la nouvelle huile, elle est encore utilisable. Cela veut dire qu'il y a présence d'huile carburant dans l'huile moteur, car dans la plupart des cas la viscosité de l'huile carburant est inférieure à la viscosité de l'huile moteur, mais les propriétés de lubrification sont encore respectées. Par contre, si l'huile moteur usagée coule beaucoup moins vite que l'huile neuve, cela veut dire que la réaction chimique est en cours et que les propriétés de lubrification du moteur ne sont plus assurées.

Le premier remède à cette réaction chimique est avant tout une question de discipline! Lorsque l'huile ne possède plus les propriétés lubrifiantes suffisantes il est impératif de la remplacer au risque de nombreux problèmes techniques.

Un remède supplémentaire est de faire démarrer le moteur au diesel. Afin d'éviter un passage d'huile de palme trop important dans l'huile de lubrification.

En faisant un rapide calcul, on peut trouver que lorsque l'on démarre le moteur au diesel, l'huile lubrifiante perdra ses propriétés après environ 1800 heures de fonctionnement. Soit environ six fois plus tard que lors des démarrages à l'huile directement. Ce qui constitue un avantage indéniable.

Les ingénieurs de la firme AAN ont fait beaucoup de recherches sur l'huile lubrifiante. Des essais sont en cours sur l'adjonction d'agents tensioactifs dans l'huile afin de favoriser l'introduction de l'acide dans l'huile qui est basique. Ils se sont aussi penchés sur la

fabrication d'une huile acide afin d'éviter les réactions chimiques entre le carburant et l'huile lubrifiante. Nous pouvons présumer que cette huile lubrifiante sera probablement plus chère sur le marché, vu sa nouveauté et son application bien spécifique.

Une autre solution envisagée par AAN, est l'utilisation de l'huile de palme comme lubrifiant et comme combustible. Ils sont arrivés à la conclusion que l'huile de palme pouvait être utilisée comme lubrifiant à condition de ne pas dépasser le 20 à 40 heures de fonctionnement. Ils sont ainsi arrivés à concevoir tout un système assez complexe dans lequel l'huile végétale sert d'abord de lubrifiant moteur pour passer ensuite dans un échangeur de chaleur après avoir été en contact avec les parties chaudes du moteur et atteindre ainsi les 100-110°C. Dans cet échangeur de chaleur l'huile, qui a servi pour la lubrification, réchauffe l'huile fraîche entrante, et se voit donc refroidir à une température avoisinant les 75-80°C, avant de passer dans la pompe d'injection. En théorie l'huile est employée dans le cycle 250 fois comme lubrifiant et une fois comme carburant.

Ceci résume très largement le processus, sans parler des différentes pompes de circulation à installer, des niveaux d'huiles, des sondes de températures,...

Cette méthode de fonctionnement du moteur est forcément la plus favorable. Elle permet de résoudre pas mal de problèmes. Certes, elle nécessite des adaptations importantes au moteur, d'où un coût élevé. Cette méthode s'avère intéressante pour des moteurs de grosses puissances, démarrant à l'huile végétale, et fonctionnant à des régimes plutôt variés. Pour les plus petites puissances, il serait préférable de démarrer au diesel et d'attacher un suivi intransigeant aux propriétés de l'huile de lubrification.

1.5. Les réactions physico-chimiques

Il s'agit en fait de différents phénomènes qui résultent d'une période de stagnation de l'huile végétale. C'est un phénomène de décomposition du Triglycéride (l'huile végétale) en Glycérine et en Acides gras libres Triglycéride (l'huile végétale) en Glycérine et en Acides gras libres.

Une huile végétale peut aussi donner lieu à un phénomène de rancissement qui est toujours complexe et est provoqué par des enzymes ou par oxydation. Les huiles non saturées peuvent, sous l'action des oxydants, se transformer en aldéhydes qui sont la cause du goût rance.

Les conséquences de ces réactions sont que lorsqu'une huile est restée au repos pendant une trop longue période, elle ne pourra plus être utilisée comme carburant dans un moteur.

Premièrement, cette huile devenue très acide attaquera les éléments (dans le moteur) en cuivre et chrome. Il s'en suivra une corrosion chimique qui détériorera inévitablement ces éléments.

Deuxièmement, cette huile, contenant de nombreux acides gras libres et des aldéhydes, donnera naissance à des croisements entre molécules avec comme conséquence une formation de " gelée " ou de " beurre ". Bloquant complètement le système d'injection.

L'idéal est l'utilisation d'une huile végétale venant d'être pressée, ayant subi une réchauffe de la plus courte durée possible (mais suffisamment pour éliminer la plus grande partie en eau) et d'un chauffage rapide pour l'amener à une viscosité suffisante.

La majorité des essais cités dans ce travail ont été effectués avec de l'huile de colza. On peut cependant appliquer sans problème toutes ces conclusions à l'huile de palme grâce aux similitudes entre ces deux huiles. Il serait évidemment très intéressant d'effectuer ces diverses expériences à l'huile de palme, ce que nous effectuerons tant que possible afin de pouvoir optimiser les performances du moteur.