

Quel est l'état des lieux dans le domaine du biodiesel, notamment en France ?

*Yasin Uyar, L3 Informatique, uyaryas@gmail.com
Jerome Mangano, L3 Chimie manganojerome@yahoo.fr
David Beniamine, L3 Informatique, david-beniamine@orange.fr*

Abstract

Nowadays oil is essential in most industries. Since a few decades, it appears the issue that we can't persist in a world based in an only resource which is obviously going to disappear . So, to keep going on, we have to find some alternatives to oil. We will focus on a possible alternative to fuel's issue : biodiesel especially in france, through an economic, ecologic and technical point of view. We are also going to point others future possibilities.

mots-clefs

Biocarburants, Agrocarburants, Biodiesel, transestérification, Pétrole.

1 Introduction

Malgré les chocs pétroliers des années 70, nos sociétés se sont habituées, et mêmes construites sur l'abondance des ressources fossiles, cependant par définition elles ne sont pas infinies. Si l'on ajoute à cela les émissions de gaz à effet de serre qui n'ont cessé d'augmenter ces 3 dernières décennies, il est évident qu'il faut réagir vite.

Une des solutions que la France encourage, à l'instar de l'UE ou encore du Brésil et du Japon, consiste à utiliser des bio-carburants.

Dans ce contexte, nous chercherons à faire un état des lieux, notamment en France où nous étudierons les biocarburants, au travers de l'exemple du biodiesel.

Pour cela, nous commencerons par présenter les agro carburants puis plus spécialement le cas du biodiesel, après quoi nous étudierons la situation française et enfin nous discuterons des deuxième et troisième générations.

2 Présentation des agro carburant

2.1 Principe de la technologie

La communauté scientifique s'accorde pour dire que l'on ne peut pas continuer à utiliser les ressources fossiles telles que le pétrole comme nous l'avons fait pendant les trentes dernières années.

Une solution envisagée et encouragée par les autorités afin de remplacer cette source d'énergie est l'utilisation de bio-carburants.

Avant toute chose, il convient de définir proprement ce qu'est un bio-carburant :

Définitions

"Un biocarburant ou agrocarburant est un carburant produit à partir de matériaux organiques non fossiles, provenant de la biomasse." [5]

"Les agrobiocarburants, ou encore agrocarburants, sont obtenus à partir d'une matière première végétale (biomasse). D'autres possibilités énergétiques d'utilisation de la biomasse existent, ou peuvent être envisagées, qui ne nécessitent pas l'usage de l'agriculture." [3]

2.2 Parties prenantes

Les parties prenantes sont nombreuses et variées ; les producteurs, consommateurs, associations, distributeurs et l'Etat s'impliquent pour différentes raisons.

Les entreprises concernées au niveau mondial sont Seambiotic, Petroalgae, Solazyme, Sapphireenergy, Algenol, Ingrepro, Cellana , et plus spécifiquement en France, Shamash ou Sofiprotéol.

Voici une liste non-exhaustive des principales parties-prenantes.

- Le RAC-F (Réseau Action Climat France) qui fédère les associations impliquées dans la lutte contre les changements climatiques, il est le représentant français du Climate Action Network (CAN) fort de ses 450 associations membres dans le monde. Les associations Greenpeace, Les Amis de la Terre, Agir Pour l'environnement, WWF, HELIO, Oxfam International font par exemple partie de ce réseau.
- Le PNRB (Programme National de Recherche sur les Bioénergies) est un programme de recherche, avec essentiellement un partenariat public/privé. Son objectif est de financer des projets sur la biomasse mobilisable à des fins énergétiques (financements de l'Agence Nationale de Recherche).
- L'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et

du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil.

- L'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) mène des recherches finalisées pour une alimentation saine et de qualité, pour une agriculture durable et compétitive, et pour un environnement préservé et valorisé.
- PROLEA (Filière française des huiles et protéines végétales) est une filière groupant de nombreux acteurs majeurs de l'économie française pour l'alimentation et l'environnement et les professionnels des huiles et protéines végétales comme Diester Industrie ou Expur. PROLEA regroupe cinq organismes complémentaires :
- la FOP, la fédération des producteurs d'oléoprotéagineux, clé de voûte de la filière, la FOP représente 150 000 producteurs français d'oléagineux et de protéagineux.
- deux interprofessions : l'ONIDOL, pour les oléagineux, et l'UNIP, pour les protéagineux,
- un centre technique : le CETIOM pour les oléagineux (l'UNIP ayant également un rôle technique pour les protéagineux)
- et un établissement financier : SOFIPROTEOL.

Cargill importe, exporte et transforme les céréales (blé, maïs, orges) et les graines oléagineuses (tournesol, colza, soja).

2.3 Le cas de la France

Il existe en France deux filières d'agro carburants de première génération développés depuis 1992 :

- Agroc carburants destinés aux moteurs diesel, il s'agit d'ester méthylique obtenus à partir d'huile végétales.
Ces carburants sont obtenus par une réaction entre un alcool et cette huile végétale.
Ce produit est utilisable sous forme banalisée en l'incorporant aux gazole à un taux inférieur à 7%.
- Agroc carburants destinés aux moteurs à essence, il sont obtenus à partir de la fermentation de sucre de betteraves ou d'amidon de céréales qui donne de l'éthanol ou du bioéthanol, utilisable sous forme banalisée directement en mélange (moins de 5% ou en incorporation avec de l'essence).

On constate qu'en France la consommation de bioéthanol est bien inférieure à celle de biodiesel : 455 933 Tep contre 2 055 556 Tep consommées en 2009 pour le transport. [7].

3 Le cas du Biodiesel

3.1 Généralités

3.1.1 Présentation

Le biodiesel ou biogazole est une alternative au carburant pour moteur diesel classique : gazole ou

péto-diesel. Le biodiesel peut être utilisé seul dans les moteurs (B100) ou mélangé avec du diesel (B20 = 20% de biodiesel / 80% de gazole, B5 5% - 95%, B2 etc.). Cet agro-carburant est obtenu à partir d'huile végétale ou animale, transformée par un procédé chimique appelé transestérification faisant réagir cette huile avec un alcool (méthanol ou éthanol), afin d'obtenir de l'ester méthylique d'huile végétales (EMHV) ou de l'ester éthylique d'huiles végétales (EEHV) suivant l'alcool utilisé.

En France, on parle aussi de diester. Le diester, mot-valise formé par la contraction de Diesel et Esther est une marque déposée par Sofiproteol. C'est un terme devenu commun pour désigner en France les EMHV et le biodiesel.

3.1.2 Production, technique

la production de biodiesel passe par plusieurs étapes :

- prétraitement des matières premières : pour l'huile végétale usagée provenant de l'industrie alimentaire, on a une filtration pour retirer les impuretés, les déchets carbonisés et autres matières non-désirées. L'eau est éliminée car elle peut hydrolyser les triglycérides donnant des sels d'acides gras (savon) au lieu de la transestérification souhaitée.
- dosage des acides gras libre : un échantillon de l'huile précédemment nettoyée est titré avec une solution basique standard afin de déterminer la concentration en acide gras libre (dosage via la fonction acide carboxylique) présent dans l'huile usagée.
- réaction proprement dite : La trans-estérification est la réaction d'un ester sur un l'acool pour donner un autre ester. Dans le cas étudié, il s'agit de la réaction entre la trilinoléate de glycéryle (huile de colza) et le méthanol, qui nous donne de l'EMHV (cf image ci dessous).

La réaction se fait dans un milieu réactionnel légèrement chauffé (environ 50 degrés celsius) afin d'augmenter la vitesse de réaction, on utilise aussi une base telle que l'hydroxyde de sodium comme catalyseur de réaction. Il faut approximativement 100kg de méthanol pour une tonne d'huile végétale en présence d'un catalyseur alcalin. Une telle réaction produit une tonne de diester et 100kg de glycérine réutilisable (notamment dans l'industrie chimique ou alimentaire).

La vitesse de la réaction chimique peut être améliorée par ultrasons augmentant ainsi le rendement de la transestérification des huiles végétales et des graisses animales en biodiesel. Le procédé est déjà en place et commercialisé. [8] il réduit de plus le coût d'investissement et d'opération. Il faut noter que d'autres processus ont été mis en place (méthode par lot, processus supercritique, méthode via micro-onde, méthode via une lipase catalytique etc.)

Le problème de cette technique de production est qu'elle produit une molécule de glycérine. Or, lorsque la glycérine subit une combustion (ce qui pourrait se produire dans un moteur diesel), elle

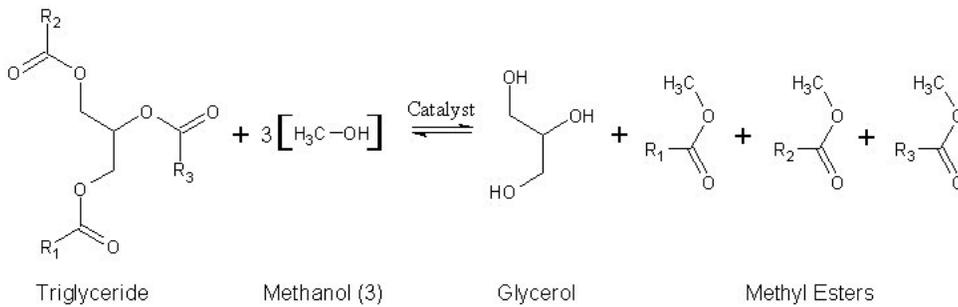


FIGURE 1 – équation de la trans-estérification

libère de l'acroléine qui est une molécule hautement cancérigène.

Une alternative à ce problème a été mise au point par la société néerlandaise Neste Oil. Celle-ci a développé un procédé d'hydrogénation catalytique des triglycérides des huiles végétales ou animales en leurs alcanes correspondants. De plus, cette technologie permet d'ôter tout les atomes d'oxygène ce qui rend le produit plus stable.[6]

3.2 Point de vue économique

On sait que le pétrole s'épuise et les trois dernières crises pétrolières sont le fruit de crises politiques. Il serait donc imprudent pour un pays de dépendre de pays producteur de pétrole comme l'Irak ou l'Iran. La production de Biodiesel par exemple, permet de réduire notre dépendance énergétique à ces pays. A l'échelle locale, la production et l'autoconsommation d'agrocarburant par les agriculteurs leurs permettent une totale autonomie énergétique. Les biocarburants comme le Biodiesel représentent une source de carburant favorable à l'indépendance énergétique. En effet, ils sont un substitut au pétrole qui se raréfie. D'après les calculs de Jeffrey Dukes (University of Massachusetts, Boston), la quantité d'énergie fossile consommée est 400 fois supérieure à la quantité qui s'accumule naturellement dans le même temps sur la planète. Il estime également que le remplacement des carburants fossiles par des carburants issu de l'agriculture correspondrait à 22% de la production végétale terrestre.

L'activité agricole est très stimulée par la filière des agrocarburants, en effet, la surproduction agricole et la baisse des prix conduisent les milieux agricoles à diversifier leurs productions au profit des agrocarburants. La quantité de production d'agrocarburant varie donc en fonction du marché des produits agricoles d'alimentation dans des pays comme le Brésil ou le Mexique. De plus, la production massive de biocarburant comme le biodiesel hausse le prix des céréales. En Europe elle ne concurrence pas l'alimentation, car elle est produite sur les terres en jachères ou sur les terres qui bénéficient de l'aide aux cultures énergétiques. La production est essentiellement issue de la culture du colza sans déforestation. Cette culture a notamment l'avantage de produire des protéines végétales pour l'alimentation animale remplaçant une partie des importations de soja. La glycérine est un co-produit majeur de la fabrica-

tion du biodiesel. Sa vente permet de réduire les prix de revient (de 40 à 80 €/t), plus elle est pure, plus son prix est élevé. Ce marché est donc important pour la rentabilité économique de la filière.

Malheureusement, pour remplacer "totalement" la consommation de carburants fossiles actuelles par des agrocarburants de première génération, il faudrait plusieurs fois la surface terrestre. Mais, le passage à la deuxième et troisième générations sont plus prometteurs que le biodiesel et permettent de produire plus par unité de surface, consommer moins et mieux. Les biocarburants ne sont donc pour l'instant qu'un appoint.

Le prix des matières premières a un impact important sur le coût de production du biodiesel. Il représente entre 76 et 84% du coût global de production. Ce coût global est peu sensible à l'effet d'échelle. En effet, multiplier la surface agricole par dix ne diminue d'environ dix pourcent les coûts de production.

En résumé, le coût de production ramenée au contenu énergétique varie entre 15 et 22\$ /GJ. A 400 euro la tonne d'huile, le biodiesel devient compétitif avec un gazole à 70\$ le baril. Le prix du baril brut est actuellement de 115,920\$.

3.3 Point de vue écologique

Le Biodiesel permet l'économie d'énergies fossiles et la réduction des gaz à effet de serre qui en découle, mais sa production (culture) impacte elle aussi sur l'environnement (déforestation, eau, sol, biodiversité...). Il faut aussi tenir compte de la pollution due aux moteurs de remplacement.

Le fixage du carbone par la plante lors de la photosynthèse implique un bilan carbone a priori neutre, mais la production des biocarburants requiert un travail et donc une consommation d'autres produits potentiellement pollués. En effet un traitement est nécessaire pour le rendre compatible avec les motorisations diesel.

L'usage des biocarburants comme le biodiesel permettent donc de réduire les rejets de gaz à effet de serre mais ce gain reste difficilement évaluable, l'usage d'engrais azotés entraînant des émissions de protoxyde d'azote (N₂O) pourrait avoir un effet plus défavorable sur l'effet de serre que le gain lié à la

réduction de production de CO₂. L'usage de ces engrais entraîne également une pollution de l'eau. Le N₂O étant 300 fois plus nocif en terme d'effet de serre, ses rejets sont non négligeables et dépendent de nombreux paramètres comme la quantité d'engrais utilisée, la qualité des sols, des conditions climatiques...

Des études montrent tout de même l'intérêt de la culture de colza. En effet, il permet de lutter contre les mauvaises herbes et placées après un colza, une céréale aura un meilleur rendement. Il prélève les nitrates dans le sol, évitant ainsi, qu'ils se retrouvent dans les nappes phréatiques.

Un exemple très néfaste qu'a l'utilisation du biodiesel est l'exemple du Brésil. La production de biocarburant se fait au prix d'une déforestation massive, ce qui augmente les émissions de gaz à effet de serre.

3.4 Conclusion sur le Biodiesel

Le prix du pétrole ne cesse d'augmenter et les quantités diminuent fortement. Le biodiesel permet donc de réduire la dépendance au pétrole tout en réduisant les rejets de CO₂, mais ce n'est pas une solution durable, malgré les avantages et les apports des coproduits. En effet, il ne pourra en aucun cas supplanter le pétrole. Le biodiesel permet donc un gain précieux et cela, le temps de développer une alternative viable au pétrole.

4 La France face au reste du monde

"La France était le deuxième producteur d'agrocarburants dans l'UE en 2006. Elle entend incorporer 10% d'agrocarburants dès 2015, et l'Union Européenne (UE) souhaite atteindre cet objectif pour 2020." [3]

De plus le Baromètre Euroobserver révèle qu'en 2009 l'entreprise ayant la plus grande capacité de production de Biodiesel en Europe est la Française Diester industrie avec une capacité de 2 000 Tonnes. [7]

Cependant ces bonnes statistiques ne reflètent pas la réalité en France. Effectivement, le SP95-E10 n'est disponible à la pompe que depuis le 1er avril 2009, alors que l'ancien président de la république, Jacques Chirac avait pris la décision de faire rouler les véhicules de l'Élysée avec du biodiesel B30. Or la législation française empêche l'utilisation d'un tel carburant par des particuliers, en effet, un mélange supérieur à 7% nécessite une dérogation préfectorale. D'autres incohérences apparaissent dans la loi française, notamment l'interdiction du recyclage des huiles de frites pour en faire du carburant...

De plus si la France était en 2006 deuxième productrice de l'UE, elle accuse un énorme retard sur l'Allemagne, premier producteur européen d'Agrocarburants (diesel et essence), qui a produit en 2006 4 469 Millions de Tonnes d'Agro Carburants, contre seulement 790 (Millions de Tonnes) en France. [3]

Il faut aussi noter que si l'UE est (pour la période 2005-2007) le premier producteur mondial d'Agro-Carburants Diesel, il n'est que 4ème pour l'éthanol derrière les États-Unis, le Brésil et la Chine.

Alors que les Français découvrent le SP95-E10 depuis peu, les Brésiliens sont habitués à des carburants bien plus concentrés en éthanol. En effet le premier programme de valorisation des bio-carburants a été lancé en 1973 suite au premier choc pétrolier.

Après un premier revers économique, ce programme a été relancé en 2003 par la mise sur le marché de la première voiture "flex-fuel" qui propose la capacité de rouler aussi bien avec de l'essence, de l'éthanol ou un mélange sans aucune modification préalable.

En 3 ans les voitures "flex" se sont énormément développées au Brésil, si bien qu'elles représentaient en 2006 75% des voitures vendues.

En bref, la France a la capacité d'être un des leaders européen et peut être même mondial dans le domaine des biocarburants, mais un retard législatif l'empêche pour le moment d'occuper une telle place.

5 Solution future : la 2ème et 3ème génération

Les agrocarburants de deuxième génération (ACG2) seront issus de la biomasse cellulosique, c'est-à-dire du principal constituant des parois des cellules végétales. Les tiges, les branches ou le tronc seront utilisés, alors que pour les agrocarburants actuels, dits de première génération (ACG1), on se sert seulement des organes de réserve de quelques plantes cultivées (graines du blé, tubercules du colza, tige de la canne à sucre ou de la betterave). Ainsi, la ressource utilisée pour les ACG2 sera très diversifiée et potentiellement distincte des produits agricoles au sens strict (agriculture, forêt, résidus de provenances diverses). La matière première des ACG2 serait bien moins chère que celle des ACG1 et sa production rentrerait bien moins en concurrence avec les cultures vivrières.

Ainsi, les incertitudes économiques sur la rentabilité des ACG1 et leurs limites écologiques renforcent l'intérêt et les espoirs suscités par les agrocarburants de deuxième génération (ACG2). Plutôt que d'utiliser des produits alimentaires, ils mobiliseraient des sous-produits de culture ou de cultures dédiées sur des terres de faible qualité. De plus, ces productions extensives nécessiteraient beaucoup moins de pesticides et de dérivés azotés, de ce fait les processus de production dégageraient moins d'émissions de gaz à effet de serre.

Mais les incertitudes entourant les ACG2 sont encore grandes, notamment au vu des investissements à réaliser et des espoirs entretenus : un potentiel dix fois supérieur à celui de la première génération. « La priorité devrait être accordée aux recherches sur les biocarburants de deuxième génération, pas seulement à celles consacrées aux technologies, mais aussi aux pré-supposés sur leurs coûts et sur la disponibilité des approvisionnements à long terme des cultures

énergétiques » [9]

Il faut néanmoins savoir que les AGC2 ne posent pas de défis technologiques majeurs : les deux grandes filières, la voie thermo-chimique et la voie biochimique, sont expérimentées depuis des décennies. La biomasse est constituée de lignine (15 à 20 %) de cellulose (35 à 50 %) et d'hémicellulose (20 à 30 %) plus ou moins intimement liées. A court terme (5 à 10 ans) ces deux grandes voies seront susceptibles de valoriser plus ou moins complètement ces polymères. Par la voie thermo-chimique, les molécules sont craquées sous l'action de la chaleur afin de convertir la biomasse lignocellulosique en un mélange gazeux de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H₂), dit gaz de synthèse. Les produits obtenus en fin de process appartiennent à la famille des carburants de synthèse. Issus de la biomasse, ils sont nommés sous l'acronyme de BTL (Biomass To Liquid). La voie thermo-chimique ouvre à une large gamme de carburants (hydrogène, carburants liquides oxygénés, dont l'éthanol, ainsi que du gazole et du kérosène). Par la voie biochimique, on obtient surtout de l'éthanol. Les traitements successifs (la destruction de la lignocellulose, l'hydrolyse des sucres complexes en simples, la fermentation et la séparation) se déroulent dans des milieux liquides.

Mais les obstacles sont avant tout économiques. À quel horizon temporel les recherches technologiques peuvent-elles abaisser suffisamment les coûts ? Et au-delà de cette question se pose une autre sur les incertitudes du potentiel agricole : L'opposition entre pays tropicaux et tempérés pourrait persister avec le passage à la deuxième génération d'agroc-carburants. Pour la première génération (ACG1), les conditions climatiques déterminent des productions agricoles avec un fort différentiel : la canne à sucre a des rendements énergétiques souvent doubles de ceux du blé. On retrouve un différentiel du même ordre pour les substituts du diesel entre l'huile de palme des pays tropicaux et le colza des contrées tempérées. Pour la production d'éthanol de deuxième génération, il est possible qu'il n'y ait pas de progrès majeur du rendement énergétique par hectare : certains chiffres indiquent que l'éthanol de canne à sucre, un ACG1, aurait un rendement énergétique supérieur aux ACG2 de la voie biochimique. Pour obtenir un rendement quelque peu meilleur, il faudrait par exemple développer du méthanol de deuxième génération à partir d'eucalyptus. Par contre, pour le diesel, les ACG2, (diesel BTL d'eucalyptus, DME83) auraient des performances supérieures à celles des ACG1 diesel.

Ainsi, la 2nd générations n'est pas encore réalisable à l'heure actuelle, et suscite déjà beaucoup de question, mais il faut mettre en évidence le fait qu'elle apporte sûrement une réponse au problème énergétique dans les 5 à 10 prochaines années.

Une autre solution qui a vue le jour est les agroc-carburant issus d'algue, ou encore algoc-carburants. Ceux-ci représentent la 3^{ème} génération, et peuvent apporter

une solutions à plus long terme, de l'ordre de 15 à 20 ans. Ils sont basés sur la production d'huile par les algues via l'intégration du CO₂ par le cycle de Calvin.

Pour l'instant, seul des projets-pilotes ont été mis en place, ainsi que quelques tests sur des moteurs (test de compatibilité), et il a été mis en évidence le fait que cette production est pour l'instant trop coûteuse en énergie[3], du fait du rendement faible de la photosynthèse (<1%). beaucoup de recherches sont ainsi axées sur l'hyperexpression de gènes responsable du processus, pour augmenter ainsi ce rendement.

Là encore, nous avons affaire à une solution future, mais celle-ci nécessite encore beaucoup de recherche pour être au point.

Synthèse

Les agroc-carburants de première génération apparaissent donc comme une solution temporaire permettant de préparer la sortie du "tout pétrole". En effet si cette solution ne semble pas viable, les deuxième et troisième générations sont plus prometteuse. Le développement de la première génération permettrait donc de gagner du temps afin de continuer la recherche et le développement de solutions plus prometteuses.

Au travers de nos recherches, il nous est apparu que pour ne pas reproduire les erreurs passées, il est nécessaire de diversifier les apports énergétiques de manière durable et "propre". Si les AGC2 semblent être des solutions viable, nous nous devons de continuer la recherche dans d'autre domaine, afin de ne plus dépendre d'une seule ressource, qui pourrait être amené à disparaître.

Références

- [1] Fadéla BERNABADJI, *BIOCARBURANTS Questions . Réponses*. E-T-A-I, 2006.
- [2] Daniel BALLERINI, *LES BIOCARBURANTS Etat des lieux, perspectives et enjeux du développement*, Edition Technip, 2006.
- [3] Rapport ministériel, *Agroc-carburants et Environnement*, 10 décembre 2008.
- [4] Site d'association, *partenaires-diester.fr*, Association Partenaires diester.
- [5] Article de l'encyclopédie wikipédia, *Biocarburant*, fr.wikipedia.org, Mars 2011.
- [6] Article de l'encyclopédie wikipédia, *Biodiesel*, <http://fr.wikipedia.org>.
- [7] EUROBSERV'ER, *barometre des biocarburants*, Le journal des energies renouvelables Num 198-2010, Juillet 2010.
- [8] Hielscher - Ultrasound Technology, *Ultrasonic Processors for Biodiesel Production*, www.hielscher.com.
- [9] Doornbosch R. & Steenblik R, *Biofuels : Is the cure worse than the Disease ?*, OCDE,Paris, 2007.