



Etablissement national d'enseignement
D'agronomie de Dijon



Michel Messin

Evaluation des possibilités de production
et d'utilisation d'huile végétale pure
(HVP) dans l'agriculture suisse

Mémoire de fin d'études
Ingénieur de l'ENESAD - Formation Continue
Promotion 2007

Maître de mémoire :
Frédéric Cointault

Maître de stage :
Sylvain Boéchat

Remerciements

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation ce mémoire.

En premier lieu, je remercie Madame Dominique Barjolle, directrice d'AGRIDEA pour m'avoir accueilli dans cet organisme et Monsieur Sylvain Boéchat, mon responsable durant ce stage, qui s'est toujours montré disponible à chacune de mes sollicitations. Durant mon travail j'ai été placé dans les meilleures conditions pour mener à bien cette étude. J'associe également toutes les personnes qui travaillent au sein de cet organisme pour leur gentillesse, mais aussi pour toutes les informations qu'elles m'ont fournies.

Je remercie ensuite M. Cointault, enseignant chercheur à l'ENESAD, qui a accepté de suivre mon travail et qui m'a conseillé dans la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier toutes les personnes de l'ENESAD qui interviennent de près ou de loin dans mon parcours de formation continue et en particulier mes collègues de promotion, chez qui j'ai pu trouver aide et soutien.

J'adresse également tous mes remerciements au professeur Meyer de l'HESA Zollikofen pour m'avoir reçu et fait part de son expérience de plus de quinze ans sur l'HVP. Je remercie toutes les personnes que j'ai sollicitées et qui m'ont apporté des informations et des conseils indispensables à l'accomplissement de mon étude.

Enfin, je remercie ma famille et en particulier ma compagne pour son soutien et pour les sacrifices qu'elle a consentis au cours ces deux années de formation.

Glossaires et abréviations

ADEME : agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AIE : Agence internationale de l'énergie
Biodiesel : huile végétale trans estérifiée, on utilise aussi le terme EMHV ou DIESTER pour la marque déposée
BTL: biomass to liquid
CHF : Franc suisse, un CHF vaut 0,66 € au moment de mon étude
CIRAD : centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CO : Monoxyde de carbone
CUMA : coopérative d'utilisation de matériel agricole en commun
Diesel ou gasoil : carburant d'origine fossile utilisé dans les moteurs diesel
EMHV : ester de méthyle d'huile végétale
EMPA: institut de recherche en sciences des matériaux et technologies
EMPE : ensilage de maïs plante entière
ETBE: Ethyl-Tertio-Butyl-Ether
HC: Carbone d'hydrogène
HESA : Haute Ecole suisse d'Agronomie
HVP : Huile végétale pure
IFHVP : institut français de l'huile végétale brute
IFP : Institut Français du pétrole
INRA : Institut national de la recherche agronomique
NOx : oxyde d'azote
OFAG: office fédéral de l'agriculture
OFEN: office fédéral de l'énergie
OFS : office fédéral de la statistique
PDIE : protéine digestible dans l'intestin
SAU : Surface agricole utile
TRAME association qui représente un réseau de 6 000 salariés agricoles, 50 000 agriculteurs, 120 associations régionales ou départementales de développement agricole, 1 500 associations locales, 250 conseillers ou techniciens.
UFL : unité fourragère laitière
UGB : unité gros bovin
USP : Union Suisse des paysans
VL : vache laitière

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 1 |
| PREMIERE PARTIE : | 2 |
| PRODUIRE ET UTILISER DE L’HUILE VEGETALE PURE COMME CARBURANT MOTEUR : ETATS DES LIEUX SUR LES TECHNIQUES ACTUELLES..... | 2 |
| 1 Objectifs et choix méthodologiques | 2 |
| 11 Origine de la demande..... | 2 |
| 12 Présentation de la demande..... | 2 |
| 13 Déroulement de mon étude | 2 |
| 14 Procédure | 3 |
| 2 La qualité de l’huile doit respecter la norme DIN 51605 | 4 |
| 21 la qualité de la graine..... | 4 |
| 22 la qualité du pressage..... | 5 |
| 23 La purification, deux techniques possibles en fonction des volumes de graines à triturer | 5 |
| 24 La filtration de sécurité : Figure 9..... | 6 |
| 25 Le Stockage..... | 7 |
| 26 Conclusion..... | 7 |
| 3 Utilisation d’huile végétale pure en tant que carburant dans les moteurs de tracteurs agricoles..... | 7 |
| 31 Méthodologie : | 7 |
| 32 Caractéristiques essentielles de l’huile végétale pour un usage en tant que carburant | 8 |
| 33 L’utilisation de l’huile en mélange avec le diesel à moins de 30%..... | 8 |
| 34 L’utilisation de l’huile en mélange avec le diesel à plus de 30% | 9 |
| 35 l’impact de l’usage de l’HVP sur la composition des gaz d’échappements..... | 11 |
| 36 Aucune incidence notoire sur la puissance du moteur..... | 11 |
| 37 L’avis des constructeurs de matériels agricoles sur l’utilisation d’HVP dans les moteurs | 11 |
| 38 Conclusion : | 12 |
| 4 La valorisation du tourteau | 12 |
| 41 Le tourteau fermier est plus gras que le tourteau industriel | 12 |
| 42 le stockage du tourteau gras..... | 13 |
| DEUXIEME PARTIE : | 14 |
| ETUDE DE LA RENTABILITE DE LA MISE EN PLACE D’UNE FILIERE HVP, PAR DES AGRICULTEURS..... | 14 |
| Méthodologie..... | 14 |
| 1 Les atouts et les limites de l’HVP, parmi les autres biocarburants | 14 |
| 11 Les biocarburants dits « de première génération » : des bilans mitigés..... | 14 |
| 12 Les biocarburants au cœur de la tourmente | 17 |
| 13 Les biocarburants de deuxième génération : Le réel espoir..... | 18 |
| 14 Conclusion : | 19 |
| 2 l’HVP dans le contexte agricole et énergétique Suisse..... | 19 |
| 21 La politique agricole Suisse..... | 19 |
| 22 L’impact de la politique agricole PA 2011 sur la filière oléagineuse en Suisse..... | 21 |
| 23 Le contexte énergétique Suisse | 22 |
| 24 La production actuelle de biocarburants en Suisse : de faibles volumes en regard de la consommation | 23 |
| 25 La production d’huile végétale et de biodiesel pour un usage carburant en Suisse | 24 |
| 26 Un cadre fiscal en cours d’élaboration | 26 |
| 27 Synthèse du diagnostic..... | 29 |
| 3 La rentabilité de la mise en place de l’atelier..... | 31 |
| 31 Rappel des objectifs : | 31 |
| 32 La PA 2011 et la production d’HVP..... | 31 |
| 33 Cadre fiscal : | 31 |

| | | |
|----------------------------|---|-----------|
| 34 | <i>Le prix du diesel est très favorable pour les agriculteurs</i> | 31 |
| 35 | <i>Typologie des exploitations suisses produisant du colza</i> | 32 |
| 36 | <i>Besoin en huile pour les exploitations moyennes</i> | 33 |
| 37 | <i>Les besoins en tourteaux de colza de ces exploitations</i> | 33 |
| 4 | <i>Premier scénario : Production d'HVP par 10 d'agriculteurs, à partir du colza indigène. Choix des équipements :</i> | 33 |
| 41 | <i>Financement du projet</i> | 34 |
| 42 | <i>Coûts de fonctionnement</i> | 34 |
| 43 | <i>Prix de revient de l'huile</i> | 35 |
| 44 | <i>Facteurs de variations : le prix du tourteau de colza</i> | 35 |
| 45 | <i>Le taux d'utilisation de la presse et des filtres</i> | 36 |
| 5 | <i>Deuxième scénario : Les agriculteurs importent le colza, pour le presser eux-mêmes</i> | 36 |
| 6 | <i>Troisième scénario : les agriculteurs achètent le colza et le font presser par le moulin le plus proche de leur ferme</i> | 37 |
| 61 | <i>La production et l'utilisation d'HVP comme carburant pour leurs tracteurs par les agriculteurs suisses ne sont pas rentable</i> | 38 |
| 7 | <i>Critique et limites de la méthode utilisée</i> | 38 |
| 71 | <i>Choix de la méthode pour évaluer la rentabilité d'un projet de production d'HVP</i> | 38 |
| 72 | <i>Choix de la méthode utilisée pour évaluer les risques liés à l'utilisation de l'HVP comme carburant</i> | 39 |
| 8 | <i>Conclusions de l'étude</i> | 39 |
| 81 | <i>Des avancées sur le plan technique quant à la production et à l'utilisation de l'HVP</i> | 39 |
| 82 | <i>La production et l'utilisation par les agriculteurs suisses de l'HVP comme carburant dans leurs tracteurs n'est pas rentable</i> | 39 |
| 83 | <i>La cogénération, une nouvelle voie pour valoriser l'HVP ?</i> | 41 |
| OUVRAGES GENERAUX : | | 42 |
| | <i>Liste des personnes rencontrées ou contactées</i> | 43 |
| | <i>Abstract</i> | 45 |
| | <i>Liste des figures et tableaux</i> | 46 |
| | <i>Liste des annexes</i> | 47 |
| | <i>ANNEXES</i> | 48 |

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

Le développement de technologies et de systèmes énergétiques plus durables est en train de s'imposer, en particulier dans le secteur des transports et de l'agriculture. Cette thématique va prendre de plus en plus d'importance pour devenir plus cruciale dans un avenir à moyen terme.

Pour le monde agricole les biocarburants représentent une opportunité, dont l'importance est réelle mais cependant pas à l'échelle des problèmes à résoudre. De plus, le développement des filières actuelles montre certaines limites. Des rapports les accusent d'accélérer la déforestation en Indonésie et au Brésil ou d'être à l'origine d'une hausse du prix de certains produits agricoles comme le maïs, sur le marché mondial. Ainsi le président de la commission européenne plaide récemment pour la création d'un marché international durable des biocarburants.

Dans ce contexte des agriculteurs des pays de l'Europe de l'ouest tels que l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique et la France ont opté pour la production d'huiles végétale pure (HVP) en filière courte et son utilisation sur la ferme comme carburant pour les tracteurs. Cette filière connaît un fort développement en raison de l'envolée du prix du pétrole, mais aussi de la possibilité de valoriser le tourteau fermier coproduit de la trituration par les élevages facilitant la traçabilité exigée dans les filières de production. L'autonomie énergétique des exploitations en est ainsi renforcée.

En Suisse, même si les agriculteurs s'impliquent de plus en plus dans la production d'énergie, la production d'HVP semble rester confidentielle. Toutefois, la politique énergétique mise en oeuvre actuellement par la Confédération ainsi que la mise en place du nouveau volet de la réforme de la politique agricole appelée PA 2011 pourraient inciter les agriculteurs à mettre en place cette filière. Des interrogations demeurent quant à la sûreté de l'utilisation de l'HVP dans les moteurs, car ses caractéristiques physico-chimiques sont différentes de celles du diesel.

Le contexte énergétique évolue donc en permanence, que ce soit au niveau national ou international, entraînant des besoins en conseils nouveaux pour le monde agricole. AGRIDEA, la centrale de vulgarisation agricole se doit de répondre à ces attentes. Cet organisme m'a chargé à travers ce mémoire d'évaluer les possibilités de production et d'utilisation d'huile végétale pure (HVP) dans l'agriculture suisse.

Première partie :

Produire et utiliser de l'huile végétale pure comme carburant moteur : Etats des lieux sur les techniques actuelles

1 Objectifs et choix méthodologiques

11 Origine de la demande

AGRIDEA est un organisme dont la raison première est la vulgarisation agricole en Suisse Romande. Situé à Lausanne il compte soixante-dix collaborateurs. Il apporte conseil et appui technique auprès des agriculteurs et des techniciens des chambres d'agriculture romandes dans tous les domaines qui touchent le monde agricole et rural. Parmi ses activités AGRIDEA propose notamment des cours de formation principalement adressés aux techniciens des services Cantonaux de vulgarisation, mais aussi conçoit et commercialise des logiciels de gestion à l'intention des agriculteurs. Les divers champs d'actions concernent les équipements et techniques agricoles, la politique agricole, l'agriculture biologique, l'environnement, les productions animales et végétales, les signes de qualités, le tourisme rural, et l'aménagement du territoire. J'ai effectué mon stage dans les locaux de cet organisme

12 Présentation de la demande

Le commanditaire attend de ce travail, qu'il permette de définir si la production et l'utilisation d'HVP (huile végétale pure) comme carburant pour les moteurs sont techniquement et économiquement réalisables en Suisse et en particulier de juger de la possibilité de mettre en place cet atelier par des agriculteurs. Il est demandé également de prendre en considération la valorisation des tourteaux par les troupeaux. Un état des lieux devra être effectué afin de préciser les adaptations nécessaires concernant les moteurs pour une telle utilisation.

Il est demandé notamment d'identifier les acteurs de la filière huile végétale à l'heure actuelle et de faire le point sur la législation en vigueur concernant les carburants en Suisse. En outre des projets liés à la production de biocarburants pourraient bénéficier d'aides publiques. Ce travail doit permettre d'apporter un éclaircissement concernant l'attribution de ces aides.

13 Déroulement de mon étude

La première partie de mon travail, consiste à définir les conditions de production et d'utilisation de l'HVP comme carburant pour les moteurs de tracteurs agricoles. Pour réaliser cet objectif, je me suis appuyé sur des informations obtenues lors de rencontres et d'entretiens avec des experts en Suisse et en France.

La deuxième partie de mon étude débute par la réalisation d'un diagnostic portant sur le contexte de l'agriculture Suisse et de la production actuelle de biocarburants en intégrant la politique énergétique du gouvernement, et la réforme de la politique agricole, PA 2011. Ce diagnostic sera présenté sous la forme d'une analyse « SWOT » reprenant les forces, les faiblesses, les menaces et les opportunités des biocarburants en particulier de la filière HVP. En m'appuyant sur la filière HVP existante, je vais finalement évaluer la rentabilité de la mise en place d'un atelier de production d'HVP par des agriculteurs.

14 Procédure

141 Les rencontres avec les experts

L'objectif était de rencontrer les personnes les plus compétentes dans le domaine de l'HVP. Concernant les adaptations des moteurs pour ce carburant, j'ai eu la chance de pouvoir passer une demi-journée sur le terrain avec le professeur Martin Meyer, professeur à la haute école Suisse d'Agronomie de Zollikofen. Cette personne effectue des travaux de recherche depuis plus de 15 ans sur l'utilisation de l'huile végétale dans les moteurs. Durant cette période il a établi des liens étroits avec des partenaires allemands, précurseurs dans ce domaine. Il m'a livré son analyse sur l'évolution des techniques d'adaptations des moteurs. L'objectif est d'apporter une réponse quant à l'obtention de l'huile aux conditions de son utilisation sans risques dans les moteurs. Pour ce faire, je vais restituer, les résultats des entretiens obtenus avec les experts de la filière HVP en France et en Suisse, afin de mettre en évidence les points clés à respecter pour obtenir une huile de qualité. A partir de la demi-journée passée avec le professeur Meyer et Reto Gautschi, entrepreneur de travaux agricoles utilisateur d'HVP et des conclusions du programme des cent tracteurs (annexe 2) je vais donner les conditions d'utilisation de l'HVP dans les moteurs.

141 La recherche bibliographique

La deuxième étape de mon travail est constituée d'une recherche bibliographique dans le but de comprendre les enjeux liés au monde des biocarburants, les évolutions qui les caractérisent et pouvoir ainsi comparer les caractéristiques de l'HVP, parmi les autres biocarburants. Les travaux publiés sur ce thème sont très nombreux, et chaque semaine des nouvelles publications sont disponibles, j'ai donc dû actualiser cette bibliographie durant toute la durée de mon stage.

Concernant la mise en place d'un atelier de trituration par des agriculteurs, j'ai obtenu de nombreuses informations de la part des animateurs du réseau CUMA en France qui compte plus de 100 ateliers de production d'huile. Les représentants de l'IFHVP et du réseau TRAME, m'ont apporté de nombreuses références, que ce soit sur les plans techniques et économiques.

142 Les rencontres avec les professionnels de la filière des huiles végétales

J'ai pu rencontrer la majorité des responsables des sites de production d'HVP et de biodiesel en Suisse durant mon stage. Ces rencontres m'ont permis de comprendre l'organisation de cette filière, son évolution et ses perspectives.

143 Les rencontres avec les représentants de divers organismes

Afin de replacer cette étude dans le contexte des politiques agricoles et énergétiques de ce pays, j'ai obtenu des entretiens avec notamment, les représentants de l'Administration Fédérale des Douanes, de l'Office Fédéral de l'agriculture, et du principal syndicat agricole, l'USP. Enfin bon nombre de collaborateurs d'AGRIDEA ont été sollicités pour m'apporter des précisions et des compléments d'informations concernant l'agriculture Suisse. Les informations collectées auprès des producteurs d'HVP et de l'Administration Fédérale des Douanes, m'ont permis de déduire qu'il n'existe pas à ce jour de références concernant des ateliers de triturations gérés par des agriculteurs.

2 La qualité de l'huile doit respecter la norme DIN 51605

Afin de faire le point sur les techniques utilisées dans les ateliers conduits par des agriculteurs, j'ai consulté les avis d'experts en France. Parmi eux Sylvain Judeaux, conseiller machinisme à la FRCUMA de l'Ouest, Eric Perrin ingénieur à l'institut français de l'HVP et Luc Liennard qui travaille au CIRAD et qui réalise actuellement une étude sur les conditions d'obtention d'une huile de qualité, basée sur le dépouillement de résultats de centaines d'analyses effectuées dans les CUMA. Je me suis appuyé également sur la synthèse des travaux du réseau TRAME. Le dépouillement de toutes ces références permet de ressortir un point clé : **La composition de l'huile obtenue doit respecter la norme DIN 51605** définie par l'université de Munich (voir annexe 1 page 47) pour pouvoir être utilisée en tant que carburant sans causer de pannes. Cette norme définit les teneurs de 15 composants de l'huile à ne pas dépasser. Les trois valeurs principales sont, la teneur en eau, la teneur en phosphore et la teneur en sédiments appelée aussi teneur en cendres.

Produire une HVP répondant à la norme DIN 51605 exige la maîtrise des différentes étapes du processus de production de l'huile. L'expérience des producteurs d'HVP, a permis d'identifier clairement les risques tout au long du processus. Je vais les reprendre dans la partie suivante.

21 la qualité de la graine

211 Un taux d'impuretés de moins de 2-3% doit être obtenu après triage de la graine.

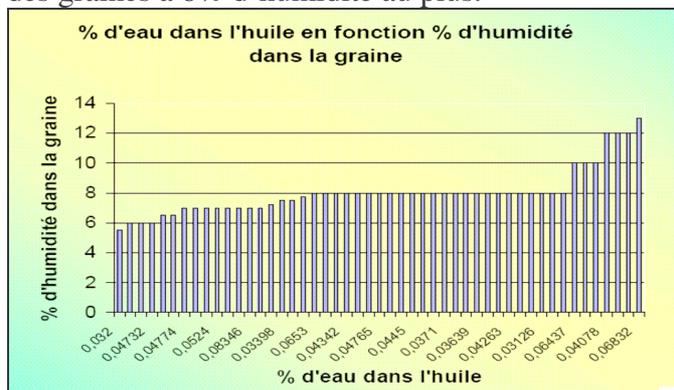
Pour une meilleure qualité du pressage appelé également, trituration et pour préserver la presse, un nettoyage des graines doit être pratiqué. Il permet d'écartier les impuretés : autres graines, morceaux de plantes, petits cailloux ou objets métalliques, etc. Pour cela, les nettoyeurs séparateurs classiques conviennent parfaitement. Le choix des grilles du trieur est important, pour les graines de colza, une maille de 2,2 à 2,5 mm permet de retirer la majorité des impuretés. Un aimant placé en amont de la presse permet de se débarrasser des éléments métalliques.

212 Respecter l'intégrité de la graine

Les opérations de manutention, ne doivent pas abîmer les graines, les graines cassées altèrent la qualité de l'huile. La vis sans fin et l'utilisation de la gravité sont deux techniques simples et à préconiser pour la manutention des graines.

213 Stocker des graines à des taux d'humidité compris entre 5 et 8%.

Les travaux de Luc Liennard du CIRAD, (cf. graphique 4) montrent la relation entre l'humidité de la graine et la présence d'eau dans l'huile. Cette dernière est responsable de pannes moteurs, d'où une grande vigilance à observer à son égard. L'objectif étant de stocker des graines à 8% d'humidité au plus.



Graphique 4

Le stockage doit s'accompagner d'une ventilation pour éviter une hausse de la température du tas et éviter des phénomènes de condensation. On note sur le graphique qu'un taux d'humidité de la graine supérieur à 8% entraîne une augmentation importante de la proportion d'eau dans l'huile.

Source CIRAD Luc Liennard, 2006

22 la qualité du pressage

Deux types de presses existent : les presses à tube perforé (à vis) où la graine est pressée le long d'une vis et l'huile sort par des trous, et les presses à barreaux (annexe 2 page 47) de plus gros débit où la graine est pressée contre des barreaux formant une cage. Le choix se porte de plus en plus sur des presses à barreaux. Elles sont moins contraignantes à l'usage et offrent des taux d'extraction de l'huile supérieurs. En revanche, elles représentent un investissement plus élevé que les presses à vis pour un même débit.

Les conditions de pressage jouent un rôle important, notamment la température de la graine. Une forte hygrométrie et une température de la graine inférieure à l'air ambiant peuvent provoquer un phénomène de condensation à l'origine de présence d'eau dans l'huile. Le préchauffage régulé de la graine à 20°C, contribuera à améliorer le taux d'extraction. La température et la vitesse de la presse sont des paramètres importants. Le taux d'extraction est corrélé avec le débit de la presse. Un fort débit diminue le taux d'extraction. Il est préconisé de ne pas dépasser une température de 60°C à l'intérieur de la presse. Dans le cas échéant trop de phospholipides sont extraits, ces derniers sont particulièrement indésirables en vue d'une utilisation carburant. Ils sont responsables de dépôts de calamine (particules imbrulées) dans les moteurs.

Tout au long du pressage de la graine, la température doit donc se situer entre 20°C et 60°C. Le cas échéant les teneurs en phosphore et en eau risquent de ne pas être conformes à la norme DIN 51605.

Une presse est caractérisée commercialement par son débit. L'annonce d'un taux d'extraction et d'un débit par le fabricant doit être relativisée car ils sont fonction d'autres paramètres (humidité et température de la graine, teneur en huile de la graine). Le débit de chantier maximal ne correspond pas obligatoirement à la qualité d'huile optimale.

23 La purification, deux techniques possibles en fonction des volumes de graines à triturer

La purification consiste à retirer les parties solides en suspension dans l'huile obtenue après pressage. Elle se fait en deux étapes, deux techniques sont possibles pour la première étape :

-la filtration directe qui consiste à filtrer l'huile en sortie de presse avec un filtre presse à plateaux ou un filtre vertical, l'huile doit être agitée et envoyée immédiatement vers le filtre. Le filtre presse à plateaux nécessite une certaine technicité pour être mis en œuvre. C'est l'accumulation de sédiment appelé gâteau qui sert de filtre pour l'huile. Il est donc plus exigeant en main d'œuvre en raison de nettoyages fréquents. On peut opter également pour le filtre vertical qui est entièrement automatisé, son coût peut atteindre 40'000 CHF. Cet équipement est réservé aux grandes productions.

-la décantation qui consiste à laisser l'huile reposer pendant 4 semaines dans des cuves. C'est la méthode la moins coûteuse

Après ce premier étage de purification, en direct ou par décantation, un deuxième étage est nécessaire. Dans le cas d'une filtration directe, le filtre à cartouche et le filtre à poche peuvent être utilisés. Après décantation, filtre à cartouche et filtre à plaques peuvent être mis en œuvre.

Les personnes interrogées précisent que les deux techniques de purification permettent d'obtenir une huile de qualité répondant à la norme DIN 51605. La décantation est adaptée aux petites quantités d'huiles, elle est à la fois simple et peu onéreuse.

La valeur de filtration minimum de 5 μ correspond au diamètre de filtration des filtres à gazole de tracteurs. Une filtration plus grossière entraînera rapidement des encrassements de filtres à gazole. Les recommandations sont donc de filtrer au minimum à 3 μ . Mais dans le cas

d'un usage dans des moteurs récents, du type Common Rail, la filtration doit être affinée jusqu'à un diamètre de 1 μ .

231 La purification directe pour des ateliers produisant plus de 30000 litres d'huile

En purification directe, (figure 7) un filtre presse à plateaux (composé de toiles) ou un filtre vertical (composé de grilles) peut être utilisé. Dans les deux cas, il est impératif que l'huile soit envoyée directement après extraction afin qu'elle soit à bonne température (35-40° C) et que tous les sédiments soient envoyés vers le filtre. Ce sont ces sédiments qui sont à l'origine de la purification. C'est pour cette raison qu'une agitation de l'huile dans la cuve de réception sous la presse doit être installée. Le filtre vertical présente l'avantage de bénéficier d'un nettoyage entièrement automatique. Néanmoins l'investissement est lourd (adapté aux gros projets).

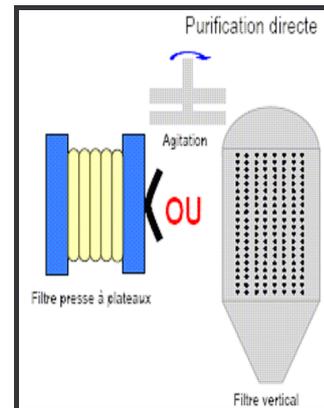
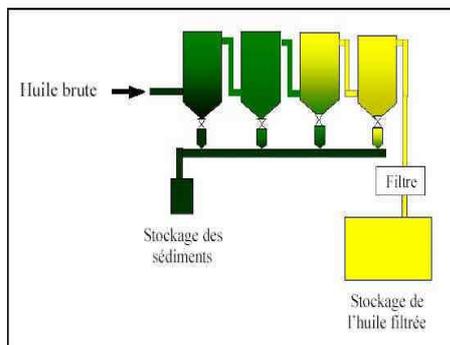


Figure7

232 La purification discontinue ou décantation

figure8



La décantation (figure 8) est un moyen de purification de l'huile simple et relativement peu onéreux en terme d'investissement matériel. Une décantation de quatre semaines est recommandée. Après 48 heures de décantation, 95% des particules sont décantées. Ce sont les particules les plus fines qui ont besoin de quatre semaines pour décanter. Cependant, la décantation implique une capacité de stockage importante en volume. Lors du transfert d'huile, il convient de ne pas aspirer trop près du décanât au risque de voir un transfert conséquent de sédiments.

24 La filtration de sécurité : Figure 9



En sortie de filtration principale et avant stockage, l'huile doit être dirigée vers un filtre à poche et/ou un filtre à cartouche (figure 9). L'objectif est bien une filtration de « sécurité ». En sortie de filtration principale, l'huile doit déjà présenter une qualité presque parfaite. Le filtre à poche admet des débits importants.

Dans le cas où l'on opte pour une purification par décantation, après la fin de cette phase et avant stockage, l'huile doit être dirigée vers un filtre à plaques (composé de cartons filtrants, figure 10) ou un filtre à cartouche. Il s'agit d'une filtration de « sécurité ». Le filtre à cartouche est simple d'utilisation.

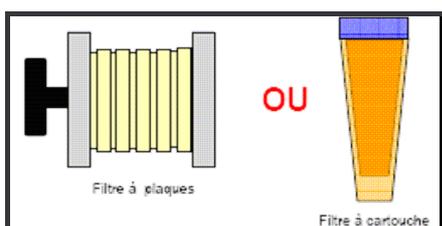


Figure 10

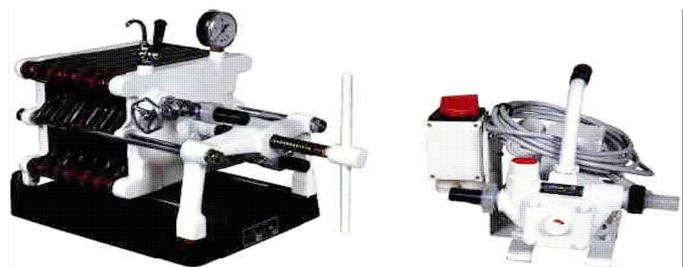


Figure 11 : Vue d'ensemble d'un filtre à plaques (IBG Monforts Oekotec GmbH, 2006)

25 Le Stockage

Le stockage de l'huile doit s'effectuer dans des cuves entreposées à l'abri de la lumière et de la poussière et aux fortes variations de températures qui engendrent de la condensation. La présence d'eau provoque, la croissance d'algues et l'acidification de l'huile. L'huile peut être stockée 6 à 8 mois sans problème. Une éventuelle sédimentation est possible en fond de cuve. Il faut donc éviter de siphonner le fond. Certains agriculteurs ajoutent dans la cuve des additifs pour éviter le développement d'algues et améliorer la combustion. Les cuves en plastiques sont préconisées.

Avant de remplir le réservoir, l'huile doit passer dans un filtre à cartouche, ultime sécurité avant utilisation. Les analyses de qualité de l'huile doivent être réalisées en sortie de pistolet.

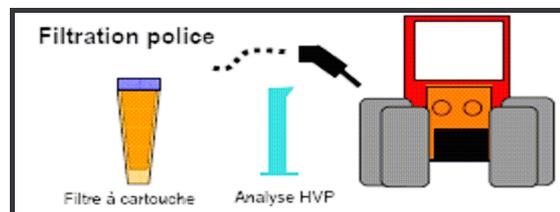


figure12

26 Conclusion

Toutes les personnes consultées remarquent au fil des ans de plus en plus de rigueur et de professionnalisme tout au long du processus décrit ci-dessus afin d'obtenir une huile répondant à la norme et de réduire les risques de pannes moteur. Il faut noter que lors de l'étude allemande dite « du programme des cents tracteurs » plus de la moitié des échantillons d'huile de colza analysés ne répondaient pas à la norme actuelle (annexe3). Les principales raisons concernaient : des conditions de pressage inadaptées, une purification insuffisante, une filtration insuffisante voir inexistante, des réservoirs de stockage impropres, une mauvaise qualité de graines ou de stockage de celles-ci. La mise en place d'un système de management de la qualité est essentielle pour commercialiser de l'huile de colza en tant que carburant. Cette évolution se traduit par une augmentation de la taille des ateliers de production et par des investissements plus importants.

3 Utilisation d'huile végétale pure en tant que carburant dans les moteurs de tracteurs agricoles

31 Méthodologie :

A ce jour les constructeurs de tracteurs ne sont pas favorables à l'utilisation de l'HVP et ne garantissent pas leurs produits en cas de panne. Pourtant depuis 15 ans des agriculteurs continuent à utiliser et différentes techniques sont adoptées. Il s'agit donc de faire un état des lieux sur les connaissances actuelles sur ce sujet.

L'Allemagne est de loin le pays qui possède le plus de références techniques dans le domaine de l'utilisation de l'huile végétale pure dans les moteurs. Ce carburant est d'ailleurs commercialisé dans plusieurs centaines de points de ventes. Le programme dit « des cent tracteurs » débuté en 2001 et qui s'est terminé en septembre 2005 était coordonné par l'Agence spécialisée en matières premières renouvelables (FNR : Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe). Les buts principaux de ce projet étaient de mettre en évidence et de valider l'aptitude, l'incidence environnementale et la longévité des moteurs alimentés en huile de colza. Il s'agissait notamment de vérifier si l'utilisation de l'huile de colza en tant que carburant pour les véhicules agricoles est techniquement et économiquement réalisable. Les résultats obtenus apportent de nombreux enseignements et représentent une base solide dans le domaine. M. Meyer m'a reçu une demi-journée pour me livrer ses conclusions en présence de M. Reto Gautschi, ingénieur agronome suisse gérant de la société Grenetec.ch. Cette personne adapte en Suisse les tracteurs pour fonctionner à l'HVP.

Il gère également une entreprise de travaux agricoles qui possède plusieurs tracteurs et une ensileuse fonctionnant à l'HVP. M. Gautschi est expert dans ce domaine, il a rencontré dans

le cadre de ses études, les principaux ateliers en Allemagne qui proposent de modifier les moteurs. Il a analysé les différentes techniques existantes, et retenu le procédé de la société bavaroise : BIOLTEC que je décrirai plus loin.

La synthèse de cette rencontre et la reprise des conclusions du test des cent tracteurs permettent de définir les points clés de l'utilisation de l'HVP carburant.

« Felderprobung Rapsöl pur »¹ est une étude réalisée par la DEULA (institut allemand de la technique agricole), elle a été publiée en décembre 2006. Elle compare toutes les techniques allemandes en matière d'adaptation de moteurs pour fonctionner avec l'HVP et livre de nombreux enseignements.

La première étape consiste à comprendre en quoi l'HVP diffère du fuel. Les caractéristiques et les compositions complètes des deux carburants sont disponibles en annexe 4 page 56.

32 Caractéristiques essentielles de l'huile végétale pour un usage en tant que carburant

L'HVP est caractérisée par un certain nombre de propriétés (annexe 4 page 56) qui diffèrent du fuel et qu'il convient de prendre en compte si l'on souhaite l'incorporer à des moteurs de tracteurs initialement conçus pour carburer au fuel. Ces différences par rapport au fuel sont notamment: un point éclair plus haut, une viscosité plus importante à basse température, un indice de cétane plus faible, et un taux de soufre beaucoup plus faible. Par conséquent l'utilisation de l'HVP engendre pratiquement pas de dégagement d'oxyde de soufre.

La principale caractéristique de l'HVP à maîtriser pour permettre une bonne circulation dans le circuit d'alimentation des moteurs est sa viscosité. A partir de 60°C, la viscosité de l'HVP et du fuel tendent à se confondre. Il convient donc que l'huile circulant dans le moteur atteigne cette température. Différents moyens peuvent être mis en oeuvre pour pallier cette plus grande difficulté de circulation dans les circuits. La combustion complète de l'huile n'est réalisée qu'à partir d'une température à l'intérieur du cylindre du moteur de 500°C. Sur ce point. Tous les experts interrogés sont unanimes que ce soit, Martin Meyer, Reto Gautschi, Eric Perrin de l'IFHVP, sur le fait que l'huile ne doit être utilisée que lorsque le moteur travaille à pleine charge, condition synonyme de niveau de température à l'intérieur de la chambre de combustion supérieure à 500°C et donc de combustion complète de l'huile.

33 L'utilisation de l'huile en mélange avec le diesel à moins de 30%

Les moteurs de tracteurs présentent, en fonction de leur année de fabrication, deux niveaux de pression d'injection différents. En Suisse le parc de tracteurs agricoles compte 130000 tracteurs au total dont 16500 immatriculés depuis 2001, ces derniers sont pour la plupart dotés d'un système d'injection avec une pression dépassant les 1000 bars, les autres plus anciens ont des pressions d'injection de l'ordre de 180 à 300 bars. Pour ces derniers, l'utilisation en mélange est à ce jour, le mode d'utilisation de l'HVP dans les tracteurs le plus utilisé par les producteurs d'huile que ce soit en Allemagne ou en France. Il a l'avantage d'être simple à mettre en œuvre. La préconisation générale est un mélange de 30 % d'HVP et 70 % de fuel. Toutefois, il est fortement conseillé de vérifier au préalable, l'état des injecteurs et de contrôler la pression d'injection. Quelques adaptations telles que un retarage des injecteurs de +15 à 20 %, l'installation d'un réchauffeur pour l'huile et un doublage de la filtration procurent une sécurité non négligeable pour l'utilisation en mélange.

Pour les tracteurs les plus récents équipés de système d'injection à haute pression du type Common Rail ou du type injecteurs pompes, l'utilisation de l'HVP en mélange à 30% est possible, toutefois la filtration devra être de 1 µ en raison du diamètre de l'orifice de sortie des injecteurs plus étroit.

¹ Donges P., Traulsen H., Felderprobung Rapsöl pur, Décembre 2006 à : <http://www.bio-krastoffe.info/cms35> l'HVP

34 L'utilisation de l'huile en mélange avec le diesel à plus de 30%

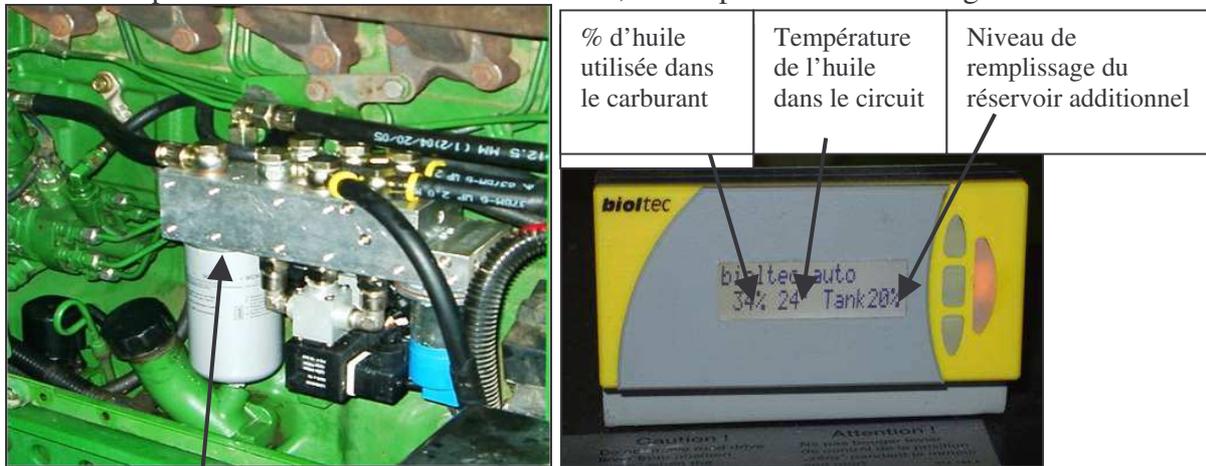
Si l'on souhaite utiliser l'huile à plus de 30%, il est indispensable d'adapter le moteur à ce carburant en utilisant deux possibilités, la bicarburation ou la modification profonde du moteur développée en Allemagne.

341 La bi-carburation

L'objectif principal de ce procédé consiste à réchauffer l'huile avant sa combustion afin de réduire sa viscosité et faciliter sa circulation dans les circuits d'injections et sa vaporisation à la sortie des injecteurs.

Cette technique nécessite deux réservoirs : un pour le diesel et un pour l'HVP. La proportion des deux carburants varie en fonction de la température du mélange dans le circuit de carburation et en fonction du taux de charge du moteur. Cette proportion peut être commandée manuellement ou automatisée à l'aide de capteurs. Seuls des systèmes à commutation automatique équipés de capteurs de température et de charge offrent une sécurité d'utilisation. C'est le choix de Reto Gautschi qui recommande le procédé de la société Bavaroise BIOLTEC. Il s'agit d'un KIT automatisé qui gère lui-même la proportion d'huile en fonction du niveau de charge du moteur et de la température de l'huile et des gaz d'échappements. On retrouve également un filtre additionnel. Un écran en cabine permet à tout moment de contrôler la température de l'huile, les proportions du mélange et le niveau du réservoir. Selon Mr Gautschi, ce dispositif a fait maintes fois ses preuves y compris sur moteurs Common rail en Allemagne pour une proportion d'huile allant jusqu'à 90%. D'ailleurs, son nouveau tracteur équipé d'une injection Common rail va être doté de ce kit. Son prix est de 8000 CHF pose et garantie d'un an comprise.

Figure 13 : Dispositif Bioltec, installé sur le moteur d'une ensileuse d'une puissance de 380 chevaux. Après 3000 heures de fonctionnement, aucun problème n'est à signaler.



Le kit Bioltec placé sur le bloc moteur

L'écran de contrôle avec 3 informations disponibles

Dans l'entreprise de M. Gautschi, différents moteurs sont équipés de ce Kit, aucun problème de fonctionnement n'est survenu. Une attention particulière est portée sur le niveau d'huile dans le carter moteur. Une partie de l'HVP passe dans l'huile moteur, l'intervalle entre deux vidanges est raccourci, il est effectué toutes les 400 heures.

M. Kurt Marti, transporteur en Suisse possède parmi sa flotte de camions, 3 engins de marque Mercedes qui fonctionnent à 100% à l'HVP, avec le dispositif de bi-carburation, totalisant chacun plus de 500'000 Kms au compteur. J'ai rencontré cette personne qui s'est déclarée très satisfaite de ce carburant, le seul problème rencontré étant lié à l'obturation d'un filtre pour une cause non identifiée.

Ces deux témoignages montrent la fiabilité du dispositif dans les conditions d'utilisation du moteur à pleine charge. Toutefois chacun souligne l'importance d'incorporer du gazole dans l'huile lorsque la température ambiante descend en dessous de 5°C. Le professeur Meyer préconise une incorporation de 3% de gazole par degré en dessous de ce seuil, pour limiter la viscosité de l'huile. Toutes les personnes interrogées ont souligné que l'usage de l'HVP n'est pas réalisable avec les pompes d'injections des marques CAV, Lucas, Stanadyne et Delphi.

D'autres types de bicarburation existent, pour des coûts de 700 à 8'000 CHF. BIODRIVE est un dispositif vendu en Suisse équipé d'un filtre, d'un réchauffeur, le système de gestion électronique gère l'alimentation en huile à partir de sa température dans le filtre. Son coût est de 3'300CHF. Elsbett, une entreprise allemande pionnière dans l'utilisation de l'HVP, propose différents kits, dont les modèles de base sont vendus à partir de 650 CHF. Ils comprennent un filtre, un échangeur pour réchauffer l'huile et une vanne trois voies pour basculer d'une carburation au diesel à une carburation à l'HVP. Le prix du réservoir additionnel n'est pas toujours compris dans le prix communiqué par le vendeur.

342 La modification du moteur pour un usage de l'HVP à 100%

Deux sociétés sont leaders en Allemagne dans les modifications de moteurs, pour un usage de l'HVP avec un seul réservoir : WVP et Hausmann. Elles ont largement participé au programme des cent tracteurs, où la qualité de leur travail et les adaptations effectuées en cours d'expériences ont connu un succès.

-La société VWP ("Vereinigte Werkstätten für Pflanzenltechnologie"

Cette société a déjà entrepris un partenariat avec le motoriste Deutz sur des moteurs avec des injections type injecteurs pompes et depuis 2007, une collaboration est mise en place avec le groupe John Deere sur des moteurs du type Common Rail. Pour l'instant le coût de ces modifications est très important de l'ordre de 12'000 à 18'000 CHF en fonction du nombre de cylindres du moteur. Les modifications apportées par VWP consistent à modifier l'angle d'injection des injecteurs, à positionner des clapets de pression sur le circuit de carburant, augmenter les diamètres des tuyaux et à doubler les filtres. L'injection électronique est également modifiée.

- La société Hausmann

Cette société, quant à elle, place sur les nez d'injecteurs des résistances chauffantes, installe un préchauffage électrique et un échangeur de chaleur sur le circuit de refroidissement. Des centaines de tracteurs ont déjà été modifiés à ce jour et n'ont pas connu de problèmes majeurs. Les intérêts de telles modifications sont la simplicité et la sécurité d'utilisation : le moteur est modifié pour fonctionner à l'huile et l'on a donc pas de basculement de carburant, de plus une garantie du moteur et du tracteur est apportée par la société réalisant la modification. En revanche Martin Meyer qui connaît très bien les deux techniques, souligne qu'une introduction massive de ces concepts sur le marché nécessite une approche technique des modifications plus poussée. Le rapport Felderprobung,² montre que le système à deux réservoirs (bicarburation) reste plus performant que le système à un seul réservoir notamment pour les moteurs équipés d'une injection Common rail.

-343 Les pompes à injection rotatives ne tolèrent pas l'usage de l'HVP à plus de 30%

² Donges P., Traulsen H., Felderprobung Rapsöl pur, décembre 2006 à : <http://www.bio-krastoffe.info/cms35>

Il est nécessaire d'avoir un modèle de pompe à injection supportant ce fort pourcentage d'huile, Le programme des cents tracteurs a montré que les pompes à injection rotatives semblent moins bien adaptées à ce type de carburant contrairement aux pompes à injection en ligne.

344 Les moteurs de dernière génération, injection directe à haute pression avec Common Rail semblent moins adaptés à l'HVP.

Ces moteurs qui équipent les tracteurs de marque John Deere par exemple, mais aussi la majorité des tracteurs agricoles ont connu plus de pannes que les tracteurs avec injection type injecteurs pompes lors du programme des cent tracteurs. Le dispositif Common Rail semble être plus sensible au moindre défaut de qualité de l'HVP. C'est pourquoi, en France les animateurs CUMA préconisent de ne pas dépasser 30% d'huile dans le mélange avec le diesel, pour les dispositifs Common Rail. En Suisse, pour les mêmes moteurs, plusieurs agriculteurs dont Mr Roland Merz, m'ont déclaré utiliser l'HVP en mélange à 50%. En l'absence de retour sur des tests menés de façon scientifique, il est préférable de préconiser une utilisation de l'HVP à 30% au plus.

35 l'impact de l'usage de l'HVP sur la composition des gaz d'échappements

A l'instar des véhicules routiers, les normes concernant les émissions de gaz d'échappement des véhicules agricoles exigent des adaptations permanentes. (Annexe5 p 63)

Le niveau des émissions de gaz des tracteurs fonctionnant à l'huile de colza est aussi soumis aux réglementations européennes en la matière (Euro I ou Euro II). Lors du programme des cent tracteurs les émissions de polluants (CO, HC et NOx) issus de la combustion de l'huile étaient plus faibles comparées à celles liées à l'usage du gazole, sauf pour les NOx. Pour ce dernier élément, les émissions étaient supérieures de 10% avec l'utilisation de l'huile. Or les émissions de NOx font l'objet de fortes restrictions dans l'évolution à venir des normes (notamment pour celles qui doivent être appliquées en 2011 (norme Tiers4). A ce sujet deux procédés existants déjà sur les moteurs de camions permettent de réduire de manière très sensible ces émissions (voir annexe 6 p 66). Les différents motoristes agricoles envisagent de les adopter rapidement. On peut donc envisager que les moteurs carburant à l'huile respecteront les futures normes concernant les NOx.

36 Aucune incidence notable sur la puissance du moteur

Lors du programme des cent tracteurs (annexe 3) de multiples mesures de puissances ont été réalisées au banc d'essai : très peu de variation ont été observées par rapport à un usage avec du gazole. Des mesures effectuées par le CIRAD (Clément T et al.2003) et par l'université de Gembloux (Joye P.2003) confirment cette observation. On peut donc affirmer que la carburation à l'HVP n'a pas d'incidence sur la puissance du moteur.

37 L'avis des constructeurs de matériels agricoles sur l'utilisation d'HVP

A l'heure actuelle aucune marque de tracteurs ne soutient l'utilisation d'HVP dans ses moteurs. Dans le meilleur des cas les sociétés Deutz-Fahr et Massey Ferguson recommandent l'installation d'un Kit pour cet usage. Les constructeurs n'offrent aucune garantie sur leurs produits. Les motoristes ne pensent pas que la technologie actuelle des moteurs soit compatible avec l'utilisation d'HVP. Le caractère artisanal de la production et le manque de normes sur l'huile, sont les principaux griefs des motoristes concernant l'HVP.

En revanche ils ne peuvent rester insensibles au fait qu'un nombre de plus en plus important d'agriculteurs en Allemagne en Autriche, Italie et en France, utilisent l'huile

végétale brute. Jacques Mattern, directeur du développement pour l'usine John Deere moteurs à Saran (France), ou encore Gabriel Meunier responsable moteurs pour Massey Ferguson et Eric Ruelle responsable technique chez Valtra s'accordent pour dire qu'une normalisation de l'huile avec des sites de transformations agréées pourraient changer leurs opinions sur le sujet. En cinq ans on notera que le refus catégorique des constructeurs de voir leurs moteurs fonctionner avec de l'HVP, s'est transformé en une opinion plus nuancée, avec la mise en place d'une collaboration avec les ateliers allemands qui modifient les moteurs pour une carburation à l'HVP

38 Conclusion :

L'utilisation de l'HVP correspondant à la norme DIN51605 dans les moteurs diesel est possible aujourd'hui, mais seulement dans le cas où l'on sollicite toute la puissance du moteur. Toutefois des adaptations du moteur sont indispensables pour une utilisation de l'HVP à plus de 30% dans un mélange avec du diesel. Elles sont de deux types,

-Soit on a recours à des procédés de bicarburation pour un coût variant de 650 à 8'000 CHF, selon l'automatisation du procédé. Dans ce cas, Il est recommandé de ne pas utiliser plus de 50% d'huile dans le carburant dans les moteurs équipés du système d'injection Common Rail.

-Soit on procède à une modification profonde du moteur, pour un coût pouvant atteindre 18'000CHF. Dans ce cas on utilise une technologie qui apporte plus de souplesse dans l'utilisation (un seul réservoir) mais dont la fiabilité n'est pas encore totalement assurée. Il est à noter que les deux types d'adaptation du moteur engendrent des coûts très variables. Ces investissements peuvent s'amortir sur 10 ans. Le choix de la technique dépendra de son coût de revient par litre d'huile, donc du niveau de la quantité d'huile utilisée par an. Les partenariats unissant John Deere et Deutz avec VWP sont en place pour optimiser les adaptations des moteurs, ce qui autorise le professeur Martin Meyer à dire que l'on peut espérer des progrès rapides concernant la technologie de modification des moteurs sachant que les collaborations de plus en plus étroites entre les motoristes (qui attendaient depuis longtemps la normalisation de l'huile) et les ateliers qui proposent les modifications, finiront par déboucher sur des procédés standardisés donc moins chers et bénéficiant d'une garantie constructeur dans à moyen terme. Pour l'heure le système automatisé de bicarburation est le meilleur compromis entre le niveau de l'investissement et la sécurité pour le moteur.

4 La valorisation du tourteau

La production d'huile utilisée comme biocarburant attire les éleveurs de bovins car elle permet également de disposer de tourteaux valorisables par leurs animaux. Or la rentabilité de cette filière dépend de la bonne valorisation du tourteau fermier. En France et en Allemagne, c'est la valorisation en alimentation animale, à partir du colza qui est la plus rentable.

41 Le tourteau fermier est plus gras que le tourteau industriel ³

Ces deux tourteaux diffèrent par leur teneur en matières grasses. Celle ci conditionne directement la conservation du tourteau. Les tourteaux issus de la filière EMHV ont des teneurs très faibles en matières grasses (entre 1.9 et 2.3% de Kg brut de tourteau pour le colza et le tournesol.) Les tourteaux fermiers gras ont des teneurs en matières grasses très variable qui dépendent du procédé de trituration choisit, en outre du type de presse, de sa vitesse de rotation et du diamètre de la buse de sortie. Le pourcentage de matière grasse peut varier de

³ Étude réalisée par P. Brunshwig et JL Lamy de l'institut de l'élevage. Source :(Fourrages 2006, 187.329-342

11 à 25%. Cette teneur limite la quantité incorporable dans les rations des animaux et la conservation du produit. En revanche le tourteau produit sur la ferme permet de garantir une traçabilité du produit. Avantage de taille pour les agriculteurs biologiques nombreux en Suisse et les OGM sont interdits dans toutes les filières.

Différentes études visant à identifier les principaux facteurs de variations de la teneur en matière grasse des tourteaux. Les presses dites « à barreaux » produisent du tourteau avec moins de 13% de matières grasses en revanche les presses dites « à vis » donnent un tourteau avec de 15 à 25% de matières grasses en fonction de leurs vitesses de rotation.

42 le stockage du tourteau gras

La conservation du tourteau doit se faire dans un endroit sec après refroidissement.

L'huile résiduelle est responsable du rancissement du tourteau. L'expérience des éleveurs indique que le stockage à l'air libre ne doit pas dépasser 6 mois. Un tourteau qui contient moins de 15% de matières grasses peut se stocker jusqu'à un an dans un silo hermétique avec récupération par le bas.

421 Valeurs nutritionnelles (voir annexe 7p 68)

L'étude a été menée par l'Institut de l'élevage et de la chambre d'agriculture du Maine et Loire⁴ menée en 2005, portant sur une trentaine d'éleveurs du même département. Il ressort de cette étude que les tourteaux obtenus en utilisant la même presse, affichent une grande variabilité de leur teneur en matières grasses (liées aux réglages de la presse). De plus les résultats montrent que la substitution du tourteau de soja par du tourteau de colza industriel est économiquement intéressant pour les producteurs de lait. Les caractéristiques des huiles et des tourteaux diffèrent selon la taille de la presse utilisée. Avec les presses à faible débit on a des rendements d'extraction faibles et des tourteaux gras (25% et plus) Avec une presses d'un débit de quelques centaines de Kg par heures on des tourteaux moins gras (moins de 15%, presse à barreaux de type Reinartz).

Les vaches alimentées avec le tourteau de colza présentant 10.1% de matières grasses ont produit plus de lait, un lait plus riche en protéines et un meilleur gain de poids comparé avec un lot de vaches alimentées avec un tourteau plus gras (20.1% de matières grasses) et un lot de vaches témoin alimenté avec du tourteau de soja. Les tests effectués par l'institut de l'élevage montrent qu'il est possible de substituer 1 Kg de tourteau de soja par 1.5 Kg de tourteau de colza sans modifier la consommation d'ensilage de maïs. Les vaches peuvent manger jusqu'à 6kg de tourteau de colza sans problème d'appétence.

Les auteurs de cette étude précisent que le tourteau de tournesol est plus pauvre d'un point de vue nutritionnel pour des vaches laitières et que par conséquent son incorporation dans la ration a une incidence négative sur la quantité et la qualité de lait produite.

422 Valorisation du tourteau gras de colza pour l'engraissement des bovins

Etude belge menée par Mr JOYE P, faculté des sciences agronomiques de Gembloux Belgique. Cette étude menée sur des lots de taurillons, sur une période de quatre mois a permis de conclure que l'incorporation de tourteau de colza gras dans la ration de taurillons engendre une légère augmentation de l'indice de consommation, pas de changements significatifs au niveau du GMQ et de la qualité gustative de la viande.

Conclusion : la valorisation du tourteau gras de colza par le bétail est possible, il faut cependant veiller à ne pas dépasser les taux maximums de matières grasses ingérées qui sont conseillés par les organismes de recherches suivant l'espèce animale considérée. Dans le cas de vaches laitières on observe même une augmentation sensible de la production laitière.

⁴ Etude réalisée par P. Brunschwig et JL Lamy de l'institut de l'élevage. Source : (Fourrages 2006 187.329-342)

Deuxième partie :

Etude de la rentabilité de la mise en place d'une filière HVP, par des agriculteurs

Méthodologie

La baisse des prix agricoles pousse de plus en plus les agriculteurs suisses à réduire les charges sur leurs exploitations pour limiter la baisse de revenu. Dans cet objectif, certains s'associent dans la réalisation d'investissements. La hausse du prix du carburant et la recherche d'une autonomie énergétique, engendrent chez ces agriculteurs un certain intérêt concernant l'HVP et la mise en place d'ateliers de production.

Cette partie de mon étude doit permettre de mesurer la rentabilité de la mise en place d'un atelier de trituration. Dans un premier temps je vais replacer la filière HVP existante, parmi les autres biocarburants afin d'identifier ses forces et ses faiblesses, puis je vais réaliser un diagnostic du contexte de cette filière en Suisse et pour terminer je vais évaluer la rentabilité de la mise en place d'un atelier de production d'HVP par des agriculteurs.

1 Les atouts et les limites de l'HVP, parmi les autres biocarburants

La demande croissante de carburants de la part du secteur des transports et la hausse du prix du pétrole ont conduit, depuis quelques années, de nombreux pays à développer la production de biocarburants. Ils se sont principalement orientés vers la production de biodiesel et de bioéthanol dans le but de conforter leur indépendance énergétique, de réduire leurs factures pétrolières, et les émissions de gaz à effets de serre. Les biocarburants cités feront place dans une dizaine d'années à des carburants dits : « de deuxième génération », aux avantages nettement supérieurs, comme je l'expliquerai par la suite.

Afin de replacer l'HVP dans le monde des biocarburants et dans l'évolution qui les caractérisent, il est nécessaire de rappeler brièvement les différents biocarburants produits dans le monde, les perspectives envisagées, et les premiers bilans réalisés, notamment sur le plan économique, énergétique et environnemental.

1.1 Les biocarburants dits « de première génération » : des bilans mitigés

On retrouve principalement les deux filières suivantes à l'échelle mondiale :

- La filière du bio-éthanol, issu de la fermentation des sucres de betteraves, de canne à sucre ou d'amidon de céréale, il est utilisé soit en mélange avec de l'essence, soit pur dans des moteurs dédiés à cet usage, on parle de moteur flexfuel .

- La filière du biodiesel, composé d'esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV) obtenus par réaction des huiles de colza ou de tournesol avec le méthanol, utilisables en mélange avec le gazole. Le marché des carburants alternatifs à base d'huile végétale est dominé par la production des EMHV. Parallèlement, au cours des années passées, des raisons écologiques et agro économiques ont fait qu'un intérêt s'est porté également sur la possibilité d'employer l'huile végétale à l'état naturel (dit diesel naturel ou HVP) dans l'agriculture. Bien que les deux carburants alternatifs, qui dominent le marché en Europe, soient à base d'huile de colza, il faut clairement les distinguer:

- Après trans-estérification de l'huile on obtient, le biodiesel (ester méthylique de colza). Il est directement utilisable dans un moteur diesel non modifié.
- L'huile végétale issue de graines d'oléagineux pressées.

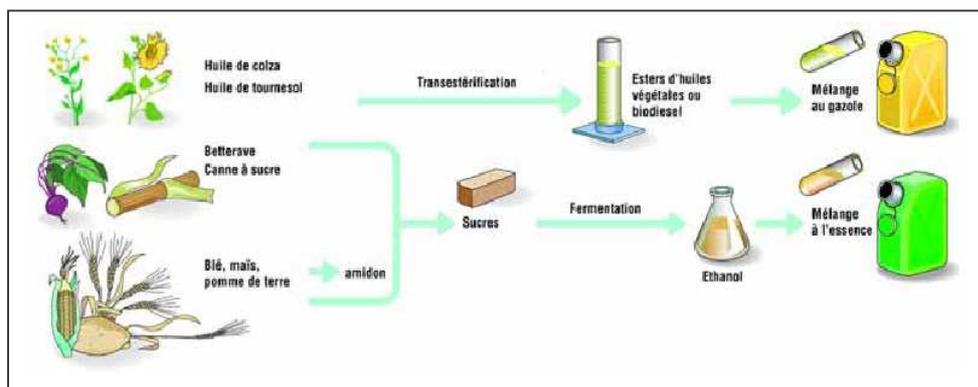


Figure 1 : Schéma des différentes étapes de la production des deux principaux biocarburants actuels ; Source : IFP

111 A l'échelle mondiale, la production d'huile est dominée par l'huile de palme et de soja

Le marché mondial des huiles végétales représente 86 millions de tonnes en 2005, dont 50 % d'huile de soja et de palme. Le colza et le tournesol viennent ensuite, mais avec seulement 10 et 13 millions de tonnes, soit 16 % de la production mondiale d'huile végétale. La Chine est le premier producteur mondial de colza. En Suisse 20'000 tonnes d'huile de colza sont produites par an.

L'essentiel de la production mondiale d'huile de colza est utilisée soit pour l'alimentation humaine soit pour la production de Biodiesel.

112 En Europe, de plus en plus de biodiesel est produit à partir d'huile de colza

La Commission Européenne prévoit en 2010 une substitution à hauteur de 5,75 % des carburants fossiles conventionnels pour le transport, par des biocarburants. C'est par la Directive 2003/30/CE du Parlement Européen et du Conseil du 8 mai 2003 que la promotion des biocarburants est réalisée. Elle concerne le biodiesel, l'éthanol et également les huiles végétales pures (article 2.2). Cette promotion, ajoutée au fait que le marché européen des carburants est marqué par une domination croissante de la consommation de gazole (60 % de la consommation de carburants) explique que le marché mondial du biodiesel est dominé par l'Europe. La production d'EMHV en Europe a ainsi augmenté de manière très importante sur les dix dernières années. L'essentiel de cette croissance a eu lieu dans trois pays : la France, l'Allemagne et l'Italie. Il convient de mentionner que certains des pays qui ont récemment intégré l'Union européenne ont des capacités déjà en place et affichent une réelle volonté de devenir des acteurs importants du domaine. On peut citer sur ce point particulier la République tchèque la Pologne et la Roumanie. La production totale de biodiesel pour l'UE en 2005 fut de 3,184 millions de tonnes

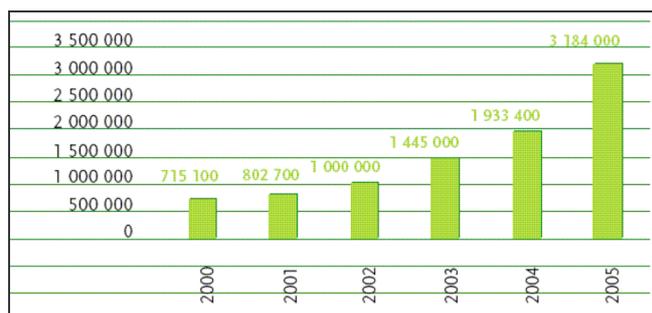


Figure 2
Production de biodiesel en milliers de tonnes en Europe

Source : euroobserver 2006

Le développement de la production de biodiesel s'est traduit par une hausse sensible des prix des huiles végétales depuis le début de 2007, comme en témoigne le graphique ci après :



Figure 3 : variation des prix des principaux oléagineux

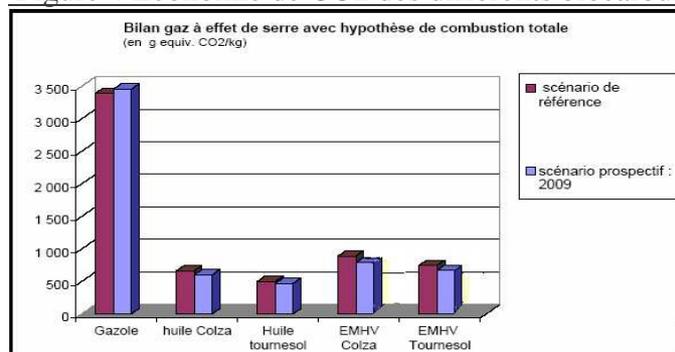
Les objectifs fixés par l'union européenne concernant les taux d'incorporation de biodiesel dans le carburant ont induit une plus grande demande en huiles végétales, dont les prix ont fortement augmentés lors des derniers mois.

Source : oil world

113 Les biocarburants, une contribution à la lutte contre l'effet de serre

Afin de lutter contre les émissions de gaz à effet de serre et le changement climatique, de nombreux pays se sont engagés, dans le cadre du Protocole de Kyoto, à réduire leur production de CO₂. Grâce au processus de la photosynthèse, les biocarburants permettent de contribuer à cet objectif. L'étude ADEME de 2002 démontre que les émissions de gaz à effet de serre sont bien inférieures avec les carburants d'origine agricole. En effet, les végétaux utilisés pour la production de biocarburants captent, au cours de leur croissance, le dioxyde de carbone (CO₂), principal gaz à effet de serre.

Figure 4 Economie de CO₂ des différents biocarburants



L'utilisation de l'HVP permet de réduire fortement les émissions de CO₂.

Source :

Pricewaterhousecoopers/IFP
Bilan énergétique et gaz à effet de serre des filières de production des biocarburants en France .2002

Les études partent du principe que le rejet de CO₂ lors de la combustion d'HVP, correspond au CO₂ que la plante a consommé durant sa croissance. Ainsi, comme le montre le graphique ci-dessus, l'huile de colza carburant est donc le biocarburant engendrant la plus grande économie de CO₂. Le biodiesel présente une économie en CO₂ relativement intéressante mais son bilan souffre de la transformation chimique industrielle de l'huile (transestérification), qui est productrice de CO₂.

De plus le graphique ci-dessus, montre que les difficultés croissantes d'extraction du pétrole, vont engendrer une augmentation des émissions de CO₂ pour le gazole dans les années prochaines.

En revanche, la culture de colza laisse entrevoir des diminutions possibles pour les mêmes émissions, grâce à une meilleure gestion des intrants et aux progrès liés à la sélection variétale.

L'HVP est le carburant qui possède le meilleur bilan énergétique des biocarburants première génération d'après écobilan 2002 ADEME, voir figure5.

Figure 5 Le rendement énergétique des différents biocarburants

| | Gazole | EMHV | | Huiles végétales | |
|------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | Colza | Tournesol | Colza | Tournesol |
| Rendement énergétique | 0,917 | 2,99 | 3,16 | 4,68* | 5,48 |
| | Essence | Bioéthanol de blé ou betterave | | ETBE | MTBE |
| Rendement énergétique | 0,873 | 2,05 | | 1,02 | 0,76 |

$$\text{rendement énergétique} = \frac{\text{énergie restituée}}{\text{énergie non renouvelable mobilisée}}$$

***Il suffit d'une tonne équivalent pétrole pour produire 4,6 tonnes équivalent pétrole en huiles végétales de colza**

Le tableau ci-dessus montre le rendement énergétique des biocarburants de première génération. On constate que le rendement de l'ETBE et du MTBE (méthyltertiobutyléther, fabriqué à partir de méthanol) est très faible. Leur production nécessite autant voir plus d'énergie que leur utilisation peut en fournir. En revanche, les huiles végétales de colza et de tournesol présentent des rendements énergétiques très avantageux, notamment grâce à leurs techniques de production économe en énergie.

Parmi, les biocarburants première génération, l'HVP contribue le plus favorablement aux réductions d'émissions de CO₂, tout en affichant une grande efficacité énergétique

12 Les biocarburants au cœur de la tourmente

Récemment, plusieurs études dont notamment celles de l'EMPA⁵ en Suisse, de l'INRA en France⁶ remettent en cause la rentabilité, leur faible productivité, l'impact écologique et du développement des biocarburants.

121 Quel équilibre entre production alimentaire et production énergétique ?

Le développement des filières biocarburants donne une vocation supplémentaire à l'agriculture : produire de l'énergie. Cette diversification des débouchés agricoles est présentée parfois comme une opportunité économique pour le monde rural dans un contexte de libéralisation des marchés agricoles mondiaux et de baisse des tarifs douaniers. Mais d'or et déjà deux limites principales apparaissent contre le développement des biocarburants. La première est relative à l'augmentation de certaines denrées alimentaires, comme le maïs. Le développement spectaculaire de la filière bioéthanol aux Etats unis en 2006 a provoqué une hausse sans précédent du cours du maïs entraînant à son tour une hausse des denrées alimentaires à base de maïs au Mexique. Faudra t-il choisir entre manger et se déplacer ? L'HVP n'échappe pas à cette critique, d'une part sa production à partir de colza ou de tournesol nécessite des surface arables et d'autre part le rendement de carburant par hectare

⁵ Ökobilanz von Energieprodukten : EMPA, R.Zah, H. Böni, M. Gauch, Avril 2007, www.bfe.admin.ch

⁶ Jean-Claude Sourie, David Tréguer et Stelios Rozakis, INRA- SCIENCES SOCIALES N° 2 - DECEMBRE 2005

(environ 1'300litres) est faible comparé à celui de l'huile de palme (environ 5'500litres par hectare).

122 L'impact environnemental des biocarburants est-il si favorable ?

Le deuxième frein au développement de cette filière est son impact environnemental. Les techniques de production sont notamment montrées du doigt par le rapport de l'EMPA (1). En Europe notamment, l'emploi d'engrais minéraux est responsable d'eutrophisation de l'eau, de dégagement de gaz à effet de serre, de nitrification des sols par exemple. L'application de pesticides entraîne également des préjudices sur le milieu naturel. Dans l'hémisphère Sud, le développement des biocarburants accélère la déforestation dans des pays comme le Brésil ou l'Indonésie. Ainsi le Président de la Commission Européenne, Mr Barroso a déclaré le 06 Juillet 07, dans le cadre de la conférence internationale des biocarburants à Bruxelles qu'il souhaitait rapidement établir un marché international durable des biocarburants, sous entendant implicitement que les modes de production actuels ne sont pas acceptables.

Les experts déplorent le manque d'uniformité dans le calcul des bilans des biocarburants, que ce soit sur le plan de l'efficacité énergétique, de la contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de leur coût. La méthode prise en compte pour estimer le poids des sous produits explique notamment les écarts observés entre les différentes études disponibles.

123 Des filières qui ne sont pas rentables sans un soutien public

Afin d'encourager la production de biocarburants et de sécuriser les investisseurs, les grands pays producteurs, Brésil, Etats-Unis, Allemagne, France ont mis en place des dispositifs de soutiens publics fondés essentiellement sur des exonérations fiscales et des obligations d'incorporation. Certains d'entre eux, comme les Etats-Unis, ont complété ces mesures par des aides à la production industrielle ou à la recherche, au financement d'unités pilotes et en dressant des barrières douanières afin de protéger leur production nationale. Excepté le Brésil peu de pays ont des coûts de production qui permettent de rendre compétitifs les biocarburants avec les carburants d'origine fossile. Le coût de production de l'éthanol à partir de canne à sucre au Brésil était en 2005 de 16.37\$/HI, de 29\$/HI aux Etats unis et de 70\$ /HI en Europe. (Source AIE)

Dans tous les pays où les biocarburants se sont développés, les aides ont joué un rôle primordial sur deux plans : celui des carburants (via des défiscalisations totales ou partielles) et celui de la politique agricole.

La plupart des pays industrialisés se sont lancés de façon massive dans la production de biocarburants, éthanol et biodiesel, en soutenant ces filières par des aides directes ou des dispositifs de défiscalisation. Le coût de ces politiques, leur impact sur le prix des denrées alimentaires est source de vives polémiques.

13 Les biocarburants de deuxième génération : Le réel espoir

Même si les experts déclarent qu'un effort de recherche substantiel est nécessaire pour mettre au point ces biocarburants, ils représentent un vrai espoir. Les biocarburants dits « de seconde génération » sont des carburants qui valorisent aussi tout ou partie des composants de structure de la biomasse (lignine, cellulose, hémicellulose) et non pas simplement les réserves énergétiques des plantes (amidon, sucre et huile). La mise au point de ces biocarburants nécessite encore quelques avancées.

Les deux voies les plus prometteuses sont aujourd'hui :

- pour les moteurs à essence, le bioéthanol de cellulose obtenu par voie fermentaire

- pour les moteurs diesel, le biodiesel obtenu par voie thermochimique.
Ces deux voies sont décrites dans l'annexe 8 p 68.

14 Conclusion :

Les biocarburants de première génération, permettent de réduire les émissions de CO₂, mais, leurs résultats sur les plans énergétiques ne sont pas suffisamment décisifs pour faire de ces énergies renouvelables une alternative face à l'épuisement des ressources pétrolières. Leur développement se fait parfois au prix d'une déforestation accrue et il entraîne une hausse sensible des prix de certaines denrées alimentaires comme le maïs. En Europe, leur production à partir de colza, de betterave ou de blé affiche un rendement à l'hectare faible, leur rentabilité est négative sans les aides publiques pour un prix du baril de pétrole à 70\$.

La production d'HVP, n'échappe pas à cette critique, en revanche, elle affiche la meilleure efficacité énergétique et la plus grande économie de CO₂. Elle présente la possibilité d'être produite et utilisée dans la même région (circuit court). C'est un biocarburant dont la production peut se réaliser avec des équipements de technologie simple, sans l'intervention de groupes industriels. La filière HVP a donc vocation à se confiner à un marché de niche.

Quant aux biocarburants de seconde génération, ils sont porteurs d'espairs. L'utilisation des ressources lignocellulosiques y compris les algues marines, coproduits et cultures dédiées et déchets tel que les graisses animales, pourrait limiter les besoins en terre, améliorer les rendements énergétiques et bénéficier de coûts moins élevés, mais pas avant dix ans.

2 l'HVP dans le contexte agricole et énergétique Suisse

21 La politique agricole Suisse⁷

La surface agricole utile s'étend sur 1 million d'hectares, dont seulement 300'000 hectares de surface agricole labourables. Les trois régions naturelles qui composent le territoire, la région des Alpes, la région du Plateau et la région du Jura, offrent des ressources agricoles limitées et principalement tournées vers la production laitière.

Avec 7,4 millions d'habitants, la Suisse possède une forte densité de population (180 hab./km²) et une faible autonomie alimentaire. Depuis la dernière guerre mondiale, la neutralité et indirectement l'indépendance qui caractérise la Confédération Helvétique s'est accompagnée d'un souci de protéger et de développer la production agricole. Les moyens choisis alors étaient de conserver une forte population paysanne et de consolider la propriété rurale. Le développement de la politique agraire en Suisse a été marqué par la conception d'une agriculture de type paysanne sur des petites exploitations familiales.

A travers les décennies, les dépenses consenties par la Confédération pour soutenir l'agriculture ont sans cesse augmenté à travers le soutien des prix agricoles indigènes. Les agriculteurs suisses figurent donc parmi les plus subventionnés au monde, en 2000, 72% de leur revenu étaient assurés par des aides publiques directes ou indirectes et les prix agricoles à la production étaient deux fois plus élevés que les prix européens. Seuls la Norvège et le Japon subventionnent autant leur agriculture. Cette politique a freiné l'évolution des structures. De fortes protections douanières (tarifaires et quantitatives) ont été mises en place, alors qu'une politique libérale était choisie pour les produits industriels.

L'agriculture suisse s'est retrouvée isolée en Europe et très éloignée du système économique mondial. En raison des accords bilatéraux négociés avec l'UE dans les années quatre-vingt-dix, et des accords avec l'OMC, la Suisse a dû entreprendre une véritable réforme de l'agriculture et notamment revoir son dispositif d'aides jugé trop protectionniste par les pays tiers. Une profonde mutation de l'agriculture suisse s'est alors enclenchée.

⁷ Source : La Suisse face à ses paysans, Pascal Sciarini, Madeleine von Holzen, collection Europe 1995, 185 p

211 Des exploitations moins nombreuses mais plus grandes, et plus productives.

L'agriculture en Suisse se situe aujourd'hui dans la moyenne européenne non seulement concernant le pourcentage d'actifs occupés, mais aussi par rapport à la valeur ajoutée créée. Le nombre des exploitations agricoles a baissé de 35,7% de 1985 à 2005. La taille des exploitations restantes a en contrepartie augmenté de 50%, avec comme bilan total une très légère diminution de l'ensemble de la surface agricole utile. En 2005, la Suisse comptait près de 63'600 exploitations agricoles, dont environ un tiers était exploité à titre accessoire. La surface agricole utile était en moyenne d'environ 17 hectares par exploitation.

212 Davantage de produits animaux que végétaux

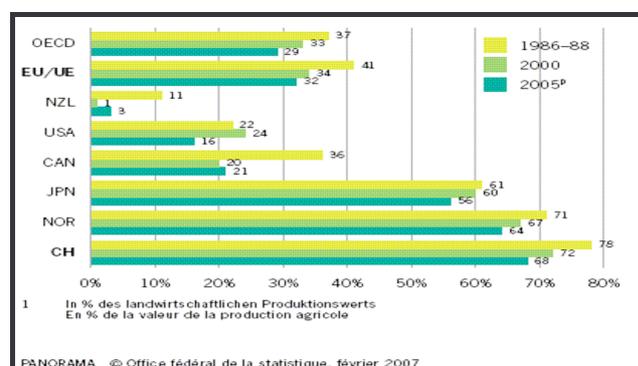
Etant donné les conditions climatiques et topographiques du pays, l'élevage occupe une position dominante dans l'agriculture suisse. La production animale représente près des trois quarts de la production agricole suisse. Il s'agit pour la plus grande part de production laitière. L'alimentation des troupeaux laitiers, basée sur la production fourragère, nécessite toutefois des aliments concentrés qui sont importés, notamment des protéines sous forme de tourteaux de colza, et de soja.

213 Importance croissante des prestations économiques et écologiques

Les aides versées par la Confédération aux agriculteurs visent un double but : permettre aux exploitants de continuer à produire et soutenir leurs prestations d'intérêt public et de caractère écologique (préservation et entretien des paysages cultivés, maintien de méthodes de production durables).

Le revenu des agriculteurs est désormais garanti moins par des mesures de soutien des prix que par des paiements directs complémentaires, de nature écologique ; on veut ainsi notamment éviter les excédents de production induits par les subventions. Les prix agricoles à la production indigènes diminuent régulièrement en raison de l'abaissement des tarifs douaniers.

La production sous signe de qualité se développe depuis quelques années, la production indigène jouit d'une image de qualité auprès des consommateurs suisses. La forte densité d'habitants entretient ce lien entre les agriculteurs et le reste de la population. Toutefois en 12 ans, l'agriculture a perdu 3,1% de ses surfaces utiles, soit 11 hectares par jour. Pour les deux tiers de ces surfaces, il s'agit de terres arables situées en plaines qui disparaissent au profit de l'habitat et des infrastructures routières. (Source OFS)



Les formes de production écologiques ne cessent par conséquent de gagner du terrain depuis quelques années. En 2005, 98% de la surface agricole utile était concernée.

Figure 6
Subventions (1) dans l'agriculture, source OFS

214 Une réforme en trois étapes qui entraînent une forte restructuration

Depuis le début des années quatre vingt dix, une profonde réforme a été entreprise en trois étapes, la prochaine va être abordée le 1^{er} Janvier 2008 et se terminera fin 2011. Le peuple suisse a approuvé en Juin 1996 le nouvel article constitutionnel sur l'agriculture.

Conformément aux articles inscrits dans la Constitution, la Confédération veille à ce que l'agriculture, par une production répondant à la fois aux exigences du développement durable et à celles du marché, contribue substantiellement à :

- La sécurité de l'approvisionnement de la population
- La conservation des ressources naturelles et à l'entretien du paysage
- L'occupation décentralisée du territoire

Les buts ancrés dans la Constitution indiquent clairement les notions de multifonctionnalité et de durabilité de l'agriculture.

22 L'impact de la politique agricole PA 2011 sur la filière oléagineuse en Suisse

Le colza est le principal oléagineux cultivé en Suisse avec 17'200 hectares en 2006, pour une production de 58'800 tonnes y compris environ 4'000 t de colza à fins techniques (carburants et lubrifiants). Le tournesol et le soja arrivent loin derrière avec 15'000 tonnes de tournesol (y compris environ 68 % de variétés oléiques) ainsi que 4'000 tonnes de soja.

Le prix moyen de la tonne de colza produit en suisse était de 780CHF (1) pour 2006, soit plus du double du prix du colza produit en Europe.

Pour l'année 2006, le prix moyen du tourteau de colza vendu par les huileries aux fabricants d'aliments du bétail a été de 30 CHF le quintal, alors que dans la même période, le prix mondial était de 9,5 CHF au port de Rouen, soit presque trois fois moins cher. Le prix de l'huile de colza (raffinée, en vrac départ d'usine) s'est élevé en janvier 2006 à Fr. 254 CHF/quintal. Le prix moyen du tourteau de colza payé par les agriculteurs était de 40 CHF. Il est à noter que les agriculteurs commercialisent leur récolte par contrats avec des organismes collecteurs et que le stockage à la ferme n'est peu ou pas pratiqué.

(1)Source Swiss granum

221 La mise en application de PA 2011 à partir de 2008 va orienter les prix des oléagineux à la baisse

A partir du premier janvier 2008, la mise en application de la PA 2011 se traduira par une réduction de la protection à la frontière, notamment pour produits destinés à l'alimentation du bétail et une transparence accrue dans le soutien du marché des oléagineux.

A partir de 2009, un soutien sera nécessaire pour assurer la production d'oléagineux, et il sera alloué à ces productions une contribution uniforme à la culture des champs de l'ordre de 600 francs par ha. Toutefois la baisse des prix ne sera pas compensée. L'augmentation de la taille des exploitations en raison de la baisse du nombre d'agriculteurs permettra de maintenir le revenu par actif, et c'est là le pari des pouvoirs publics.

Les hypothèses de prix réalisées par l'OFAG et AGRIDEA évaluent le prix du colza indigène à 66 CHF le quintal soit une baisse de prix de 15% par rapport à la situation actuelle. Cette baisse touche de façon semblable les autres cultures présentes en Suisse. Le prix du tourteau devrait baisser encore plus fortement, pour se situer environ 30 CHF par quintal. En 2006, 75% du tourteau consommé en Suisse, provenait d'importations, tout comme 80% de l'huile alimentaire consommée et 95% de l'huile pour des fins techniques, tels que les lubrifiants et les biocarburants.

222 Des tarifs douaniers avantageux pour l'importation d'oléagineux à des fins techniques

La protection à la frontière est différenciée en fonction de l'utilisation de ces oléagineux. S'ils sont destinés à la production d'huile alimentaire, le prélèvement à la frontière comprend un droit de douane fixe applicable à la part transformée en huile et un droit de douane variable pour la partie destinée à l'alimentation animale (système des prix seuils).

Si les oléagineux ou les huiles qui en dérivent sont importés à des fins techniques, les droits de douanes deviennent alors symboliques, de l'ordre de 10 centimes par quintal.

23 Le contexte énergétique Suisse

A l'exception de l'énergie hydraulique, la Suisse ne dispose que de ressources énergétiques limitées, ce qui l'oblige à importer les 4/5 de sa consommation. Parmi les principaux produits importés, on retrouve le pétrole (pétrole brut, combustibles et carburants), le gaz naturel, le charbon et les produits houillers, les combustibles nucléaires et, durant l'hiver, de plus en plus d'électricité. Comme dans la plupart des pays industrialisés la consommation d'énergie augmente régulièrement, (annexe 9 page70) chaque année en Suisse, incitant les pouvoirs publics à mettre en place une politique volontariste pour maîtriser la consommation et développer de nouveaux moyens de productions, tel que l'énergie éolienne. La consommation globale de carburants est en légère baisse depuis l'année 2000, en revanche si la consommation d'essence diminue, celle de gasoil augmente sensiblement diminue, celle de gasoil augmente sensiblement. (Annexes 10 et 11 page71). En matière de transport, la Suisse encourage depuis plus de vingt ans le ferroutage, notamment à travers les Alpes avec la construction de tunnels.

231 La politique énergétique du parlement

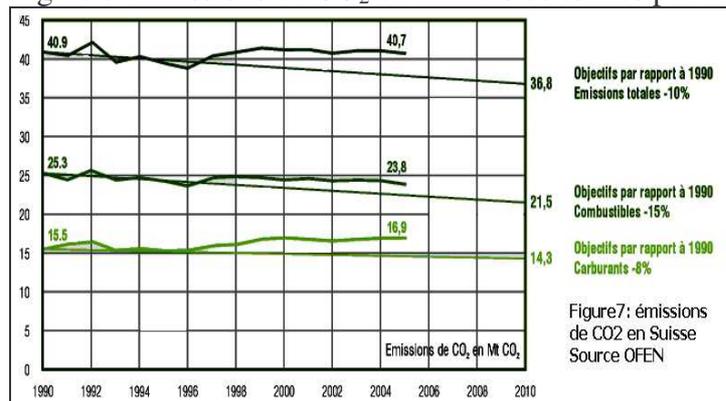
La priorité de la Confédération est de réduire la consommation d'agents énergétiques fossiles, grâce à l'utilisation rationnelle de l'énergie et au développement des énergies renouvelables afin d'atteindre une diminution des rejets de CO₂.

Conformément aux engagements internationaux contractés par la Suisse dans le cadre de la convention sur le climat, le Parlement a adopté en mai 2000 une loi sur le CO₂. Cette loi prévoit que la Suisse va réduire d'ici 2010 les rejets de CO₂ provenant de l'utilisation d'agents énergétiques fossiles de 10% par rapport à 1990.

Les émissions dues à l'utilisation énergétique des combustibles fossiles doivent être dans l'ensemble réduites de 15% et les émissions dues à l'utilisation énergétique des carburants fossiles de 8% (voir figure 7). L'objectif sera déclaré atteint d'après la moyenne des années 2008 à 2012. .

La figure 7 donne un aperçu des émissions dues aux carburants et aux combustibles pendant les dernières années ainsi que de leur répartition par secteur responsable sur la période 1990-2005. (Source OFEV)

Figure 7 :Emissions de CO₂ en milliers de tonnes par an



Les objectifs de réduction d'émissions fixés (représentés par les droites) n'ont pas été respectés en 2005. La solution retenue le 23 mars 2005 par le Conseil Fédéral pour la réduction des émissions de CO₂ est l'application d'une taxe sur le CO₂ (de 9 cts/l) pour les combustibles et d'une taxe dite "centime climatique" pour les carburants, à

Bon nombre de mesures sont proposées dans le programme à partir de 2006.

utiliser l'énergie de manière rationnelle et tirer parti des énergies renouvelables. Les objectifs de ce programme sont les suivants pour la période 2000 et 2010 :

- Réduire de 10% la consommation d'énergie fossile et les émissions de CO₂ ;
- Contenir à 5% l'augmentation de la consommation d'électricité ;
- stabiliser la production d'hydro-électricité
- Augmenter la part des autres énergies renouvelables (+3 TWh dans la production de chaleur, +0,5 TWh dans la production d'électricité).

La Fondation Centime Climatique est financée par une redevance sur toutes les importations d'essence et de diesel à hauteur de 1,5 centimes par litre. Les recettes, soit environ 100 MCHF/an actuellement, doivent servir d'une part à financer des projets à l'étranger (et acquérir ainsi des certificats d'émissions) et d'autre part à encourager les biocarburants et prendre des mesures dans le domaine des combustibles en Suisse. Cette solution est toutefois limitée dans le temps. Le centime climatique est en effet introduit à titre d'essai pour une durée de deux ans. Contrairement à l'UE, la Suisse n'a fixé à ce jour aucun objectif explicite quant à l'introduction des biocarburants dans le secteur des transports, en revanche de nouvelles taxes sont appliquées sur les carburants d'origine fossile au titre de leur caractère polluant

232 Les mesures d'encouragements actuels pour l'agriculture

Des crédits d'investissements sont mis à disposition des exploitants qui souhaiteraient se diversifier dans les domaines de la production d'énergie comme le biogaz. Elles sont gérées au niveau de chaque Canton. Des contributions sont faites pour des installations de démonstration pour la production d'énergies renouvelables. Dans le dernier volet de la réforme de la politique agricole appelé PA 2011, l'objectif fixé en matière d'énergie vise à utiliser de façon efficace les ressources en biomasse disponibles. Des aides seront données dans ce domaine pour promouvoir l'innovation et les projets pilotes, la production de biocarburants peu bénéficier de ces aides sous certaines conditions.

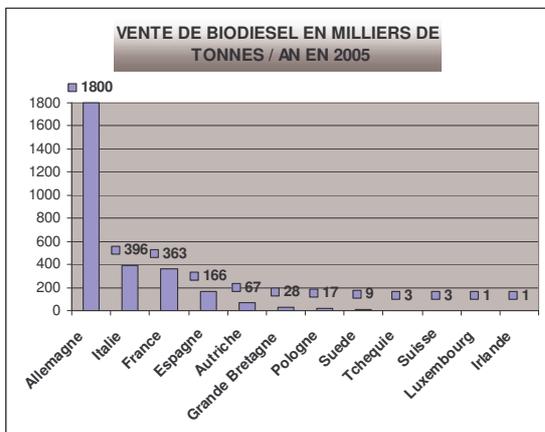
La politique énergétique du gouvernement s'attache à réduire les émissions de CO₂, en appliquant des nouvelles taxes sur la consommation d'énergie d'origine fossile, mais n'encourage pas ostensiblement la production biocarburants. Des dispositifs d'aides concernent l'utilisation de biomasse, mais davantage pour une production de chaleur et d'électricité.

24 La production actuelle de biocarburants en Suisse : de faibles volumes en regard de la consommation

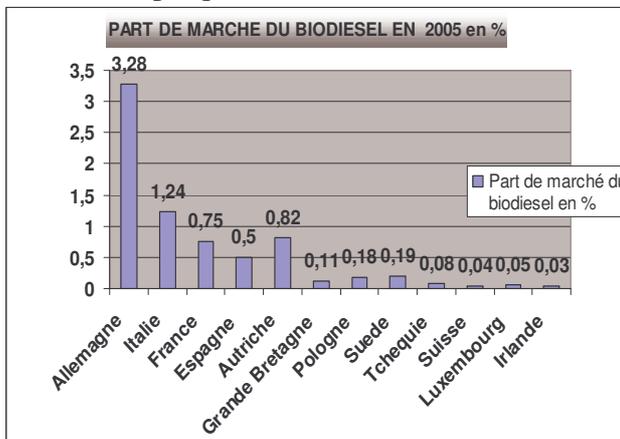
Les biocarburants en Suisse n'ont jamais connu de véritable engouement à l'instar de l'Allemagne. Les faibles ressources agricoles du pays ont incité l'Etat, comme le principal syndicat d'agriculteurs, l'USP (union suisse des paysans) à définir la même priorité : produire des aliments pour diminuer la dépendance alimentaire du pays.

En 2006, ce sont au total 3 millions de litres d'équivalent diesel qui ont été fabriqués et exonérés de l'impôt sur les huiles minérales, soit 0,04% du carburant diesel utilisé en Suisse contre 3,28% en Allemagne. Voir graphique 1 et 2. (1) Source : AEI (2006) Oil information

Graphique1



Graphique2



25 La production d'huile végétale et de biodiesel pour un usage carburant en Suisse

L'huile végétale carburant, quant à elle, est produite par 4 unités différentes à raison de 1 million de litres par an. (tableau1)

Tableau1 : Installations par genre de carburant et quantités produites en 2006

| Type de carburant | Nombre d'installations en service | Production en 2006 (en millions de litres d'équivalent diesel) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| Huile végétale | 4 | 1 |
| Recyclage d'huile végétale usagée | 5 | 0,40 |
| Biodiesel | 1 | 3 |
| Biogaz | 7 | 5,6 |
| Bioéthanol | 1 | 1 |
| TOTAL | 18 | 20,5 |

Source : Direction générale des douanes, Bern

La Suisse compte à l'heure actuelle 4 sites de production d'HVP et deux de biodiesel, dont un a démarré sa production en 2007. Ces sites sont répartis géographiquement entre Genève et Zurich, (figure 14) à savoir dans la zone principale de production d'oléagineux en Suisse.

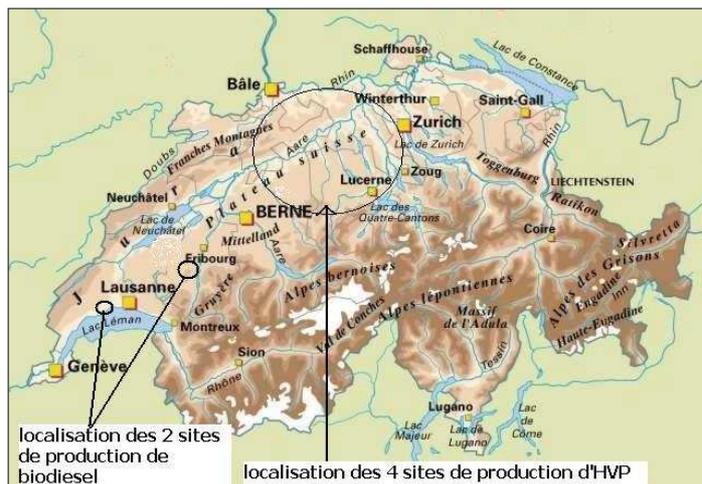


Figure 14

Les deux sites de production de biodiesel sont situés en Suisse Romande, et les quatre sites de production d'HVP sont situés en Suisse Alémanique.

La proximité géographique renforce la collaboration entre chaque acteur

251 Deux sites de production de biodiesel

En 2006 on comptait un seul site de production : la société ETOY Energie qui produit 2,5 millions de litres par an de biodiesel dans le Canton de Vaud, non loin de Lausanne. Elle est gérée par M. Herger que j'ai rencontré. 70% du colza provient de France, il est pressé à froid et estérifié. Mr Herger s'est déclaré disposé à triturer des graines de colza pour des tiers et à restituer le tourteau, et l'huile dont les caractéristiques respectent la norme DIN 51605. Le prix de cette prestation est de 100 CHF par tonne de colza pressé. Sachant que 1 tonne de colza fournit 350 litres d'huile le prix de la prestation est de 0,28 CHF/litre d'huile.

L'entrée en production en 2007 du nouveau site de production « MP biodiesel » dans le Canton de Fribourg va permettre de doubler le volume de biodiesel produit. Dans cette unité, la matière première sera l'huile brute en provenance de l'UE, il sera donc procédé seulement à l'estérification.

La production de ces deux sites est vendue aux distributeurs de carburants qui procèdent à une incorporation aux carburants d'origine fossile.

La production est réalisée dans 4 moulins, tous situés en Suisse alémanique (tableau 4). La production annuelle est proche de 1 million de litres pour 2006. J'ai pu rencontrer ou contacter les responsables de ces moulins, le professeur Martin Meyer, M. Peter Ulrich, ingénieur agronome, le professeur Knopf et M. Von Almen. Toutes ces installations produisent de l'huile pour un usage carburant en s'appuyant sur les critères de qualité définis dans la norme DIN 51605. Des analyses rigoureuses sont effectuées de façon régulière par un laboratoire en fonction du protocole défini par la norme. Le coût d'une analyse s'élève à 200CHF, ce qui représente la valeur de 150litres d'huiles. La quasi-totalité du carburant est vendue à des sociétés de transports routiers. En revanche le tourteau résultant de la trituration est valorisé par les troupeaux des agriculteurs soit directement auprès du moulin soit par l'intermédiaire d'un fabricant d'aliment du bétail.

Malgré le montage d'un dossier en commun, ces ateliers n'ont pu disposer de l'aide de la fondation du centime climatique. Il faut notamment prouver que le projet permet d'économiser 300 tonnes de CO2 par an pendant 5 ans.

Tableau 4 : Récapitulatif des producteurs d'HVP en Suisse

| Nom de la société ou du gérant | adresse | Production annuelle en litres d'huile | Origine de la matière première | Prix de vente de l'huile CHF/litre |
|--------------------------------|------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Peter Stähli | Suberg BE | 100'000 | UE | 1,3 |
| Mr Knopf Agrogen | Lyssach BE | 60'000 | Suisse | 1,3 |
| Junior Diesel Peter Ulrich | Zell LU | 700'000 | UE et Suisse | 1,3 |
| Biodrive Mr Vonalmen | Moriken AG | 400'000 | UE et Canada | 1,29 |

253 Des ateliers spécialisés et très compétitifs

J'ai rencontré ou contacté tous les acteurs de cette filière afin de comprendre son fonctionnement. Celui-ci est similaire à toutes les installations

Le colza indigène pressé à des fins techniques bénéficie d'une aide de la Confédération de 270CHF/tonne, ce qui ramène son coût à 510CHF/tonne pour les producteurs d'HVP. Ce dispositif est garanti jusqu'en 2008, un seul des quatre producteurs utilise exclusivement le colza produit en Suisse, car il souhaite défendre le caractère régional de la filière. Les autres producteurs préfèrent importer le colza européen, car son prix reste inférieur à ce seuil de 15 à 20% au cours du premier semestre 2007.

A l'heure actuelle, la plus grande partie du colza provient de l'UE, principalement de France, d'Allemagne et de Pologne où les prix sont plus bas. Biodrive achète également du colza provenant Canada. On peut rappeler que les droits de douanes sont insignifiants pour ce produit. Le colza est pressé, le tourteau est revendu essentiellement aux fabricants d'aliments pour un prix moyen de 330 CHF /tonne, mais également aux agriculteurs locaux à un prix moyen de 450 CHF/tonne. Les équipements sont utilisés de façon intensive, deux ateliers fonctionnent 24/24heures 365jours/an. La maîtrise de la qualité de l'huile et la réduction des coûts par l'augmentation des volumes, sont des objectifs clairement affichés par les personnes rencontrées. Ainsi le prix de revient de l'huile pour deux de ces producteurs s'élève à 95centimes pour le premier trimestre 2007, avec un prix de colza livré de 400 CHF, la tonne en provenance de l'union européenne. La production actuelle d'huile nécessite une surface en colza de près de 1000 hectares en prenant un rendement moyen de 35 quintaux par hectare. Cette surface correspond à 6% de la surface cultivée en colza en Suisse actuellement.

La majorité de l'huile est revendue à des transporteurs pour l'utilisation dans les moteurs de camion, mais aussi aux entrepreneurs de travaux agricoles et aux particuliers pour leurs voitures personnelles. L'huile est vendue en moyenne 1,3 CHF/litre. Les acheteurs d'HVP que j'ai cités payent le diesel à la pompe 1,7 CHF/litre en juin 2007.

254 La dynamique de la filière est assurée par le vendeur de kit de bicarburation

Les camions et les tracteurs qui fonctionnent à l'HVP en Suisse sont équipés d'une adaptation pour ce carburant. Elle est commercialisée par des professionnels qui sont indirectement des promoteurs de l'HVP. Ils démarchent auprès des clients potentiels, (transporteurs et entreprises de travaux agricoles) en vantant les vertus de l'HVP, et en les rassurant au sujet des risques liés à son utilisation, pour vendre leurs adaptations.

A chaque nouveau client suit une nouvelle demande en HVP. La collaboration entre ces vendeurs de kit d'adaptation pour l'HVP et les producteurs d'HVP est la base du développement de la filière. Biodrive commercialise des kits sous sa propre marque. Il faut signaler que les deux installations les plus grandes augmentent leurs productions chaque année. Pour 2008, Biodrive envisage de doubler sa production en s'équipant d'une nouvelle presse. La demande actuelle des transporteurs routiers est largement supérieure à l'offre disponible.

255 Conclusion

La production d'HVP est réalisée par des spécialistes avec des volumes relativement importants. 95% de l'huile produite provient de colza importé, elle est entièrement commercialisée auprès de transporteurs routiers et d'entrepreneurs de travaux agricoles ou de particuliers. La norme DIN 51605 est rigoureusement respectée, de nombreuses analyses certifient ce niveau de qualité.

Le volume d'HVP produit représente plus de 30% du volume de biodiesel. Cette une proportion considérable si l'on se réfère aux pays voisins comme l'Allemagne ou la France.

Avec la conjoncture du début 2007, la force des deux plus grands producteurs d'HVP réside dans le fait d'acheter la graine de colza au prix européen, soit 15 à 20% moins cher que le colza indigène, de valoriser le tourteau obtenu au prix indigène soit 40% plus cher que le prix européen et de réaliser des économies d'échelle importantes en raison des grandes quantités de colza pressées.

26 Un cadre fiscal en cours d'élaboration

En Suisse, la défiscalisation de la production des biocarburants relève actuellement de l'Ordonnance sur l'imposition des huiles minérales (Oimpmi) du 20 novembre 1996⁸, et plus particulièrement de l'article 35 :

* les carburants qui sont obtenus dans des installations pilotes et de démonstration à partir de matières premières issues de la biomasse sont exonérés de l'impôt ;

* seuls sont réputés carburants issus de matières premières renouvelables les carburants qui sont fabriqués à partir d'agents énergétiques d'origine végétale ou de biomasse ; ils peuvent contenir une très faible part d'agents énergétiques provenant de sources non renouvelables si cela s'avère indispensable à leur fabrication ;

* sont réputées "installations pilotes et de démonstration", les installations qui produisent au maximum 5 millions de litres d'équivalent diesel par année ;

⁸ Loi du 21 juin 1996 sur l'imposition des huiles minérales (Limpmi)

Les biocarburants produits en Suisse dans le cadre d'installations pilotes (au sens de l'Oimpmin) sont donc entièrement exonérés de l'impôt sur les huiles minérales, dans la limite de 20 ML/an d'équivalent diesel sur l'ensemble du pays.

261 la fiscalité des biocarburants est redéfinie en 2007

Le 23 mars 2007, le Parlement a adopté la modification de la loi sur l'imposition des huiles minérales (Limpmin) ⁹[2]. Le but de cette modification est la promotion des carburants respectueux de l'environnement en vue d'abaisser les émissions de CO₂ et la pollution atmosphérique dans le trafic routier. A moins qu'elle ne fasse l'objet d'un référendum, cette modification entrera vraisemblablement en vigueur le 1er janvier 2008. L'Administration Fédérale des Douanes (AFD) est chargée de la mise en œuvre. Elle préparera les modifications d'ordonnances appropriées et édictera les dispositions d'exécution. Les aspects les plus importants de la nouvelle loi sont présentés ci-dessous, sur la base du document de l'AFD "Modification de la loi sur l'imposition des huiles minérales, du 26 mars 2007" ¹⁰. On retrouve trois grands principes que sont, l'exonération fiscale pour les carburants issus de matières premières renouvelables, la Protection de la production indigène, la preuve du bilan écologique global positif.

262 L'exonération fiscale pour les carburants issus de matières premières renouvelables

Le Conseil fédéral établit la liste des carburants issus de matières premières renouvelables qui bénéficieront d'un allègement fiscal. Le Conseil fédéral définit en outre l'ampleur de l'exonération fiscale et tient compte à cet effet :

- des matières premières indigènes renouvelables
- de la contribution de ces carburants à la protection de l'environnement
- de la compétitivité de ces carburants par rapport aux carburants d'origine fossile.

263 La Protection de la production indigène, une mesure caduque

Le parlement prévoyait dans le texte initial que, la production indigène de biocarburant soit protégée, en fixant la quantité de carburant pouvant être importée en exonération d'impôt ; ce faisant, l'offre indigène serait prise en compte. Le Conseil fédéral libérera annuellement pour l'importation en exonération fiscale une quantité correspondant à la différence entre la demande en carburants issus de matières premières renouvelables et la production indigène. Cette protection est l'objet de discussions à l'heure actuelle car elle va à l'encontre des accords signés par la Suisse dans le cadre de l'OMC.

Un entretien avec Madame Marion Bracher de l'office des douanes m'a permis d'éclaircir ce sujet. A l'heure actuelle, le conseil fédéral conserve bien la volonté de réduire les émissions de CO₂ et de remplir les objectifs du Protocole de Kyoto. Cependant Il souhaite trouver une solution conforme aux principes en vigueur dans le cadre de l'OMC. En effet la Suisse est un pays tourné vers l'exportation, et les règles de l'OMC mettent les exportations suisses à l'abri du protectionnisme et de l'arbitraire. Elle a besoin de règles bien assurées sur le plan international et met tout en œuvre pour les respecter. Le Conseil fédéral a pour objectif déclaré d'éviter toute infraction au cadre juridique de l'OMC. Il est fort probable que ces systèmes de protection ne soient pas repris dans le texte de l'ordonnance. Il en résulterait donc un regain d'intérêt pour l'importation de matières premières renouvelables.

⁹ Administration fédérale des douanes (AFD), Modification de la Loi sur l'imposition des huiles minérales (Limpmin)

¹⁰Loi sur l'imposition des huiles minérales, Modification du 23 mars 2007
Message relatif à la modification de la loi sur l'imposition des huiles minérales

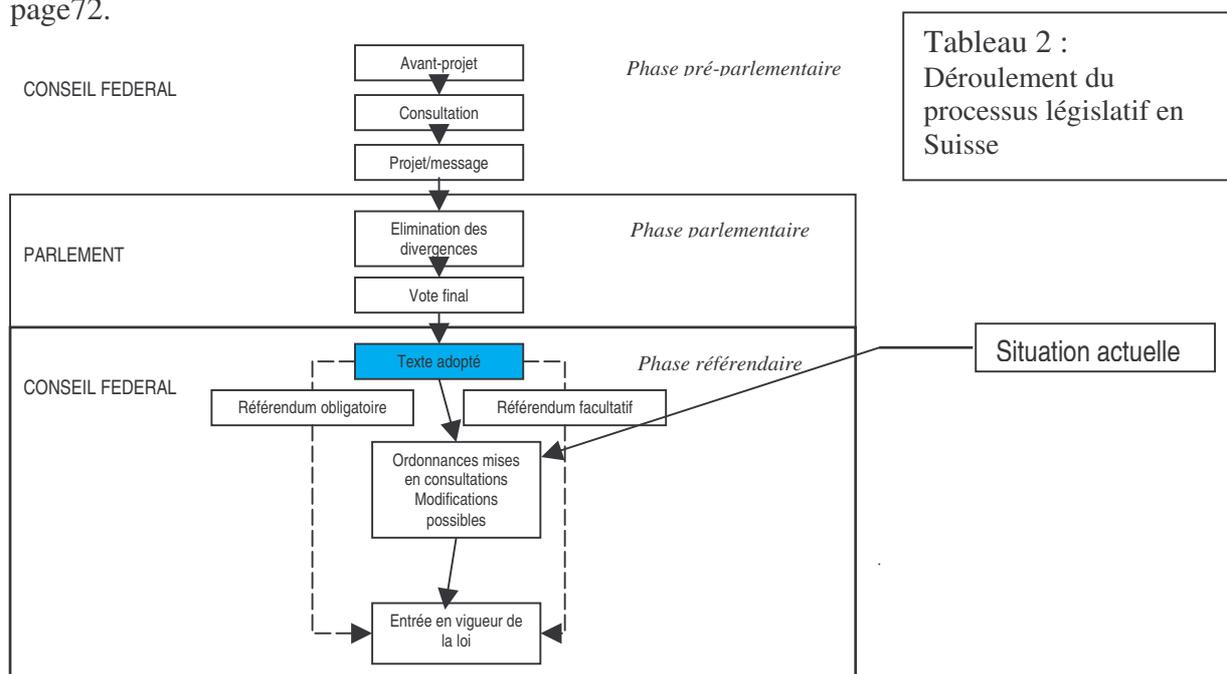
Le Conseil fédéral fixe des exigences minimales relatives à la preuve d'un bilan écologique global positif. Un bilan écologique global tient notamment compte de la production agricole et sylvicole de la matière première renouvelable ainsi que des gaz à effet de serre et des polluants atmosphériques émis lors de la fabrication. Les émissions résultant de la fabrication de l'essence servent de valeur de référence. Les exigences détaillées concernant le bilan écologique global sont fixées par voie d'ordonnance. Cette ordonnance doit s'appuyer sur tout ou partie d'un rapport commandité et publié le 20 Mai 2007 par l'EMPA (1). Or dans ce rapport, la preuve du bilan écologique de la culture du colza n'est pas reconnue. Il est notamment reproché à cette culture de contribuer à l'acidification des sols, et à la pollution de l'eau. Par conséquent si le contenu de l'ordonnance reprend la conclusion de ce rapport, les biocarburants produits à partir de colza seront taxés à hauteur de 72cts de CHF/litre comme les carburant d'origines fossiles.

Ce texte devrait être appliqué en janvier 2008. En revanche les textes d'ordonnances qui définissent de manière précise les conditions de production et de défiscalisation, sont mis en consultations (tableau 2). Ils seront l'objet d'intenses négociations dans les mois qui viennent entre les différents acteurs concernés qui pourront s'exprimer sur le contenu. Leur avis peut être pris en compte et entraîner la modification du texte. L'aboutissement de ces tractations définira l'avenir de l'HVP et du biodiesel, car tous les producteurs sont unanimes sans défiscalisation totale des biocarburants, il est impossible de rentabiliser sa production.

265 Les carburants doivent provenir d'installations pilotes et de démonstration

Le texte de loi prévoit que les biocarburants provenant d'installations pilotes et de démonstration et remplissant les conditions présentées précédemment seront dorénavant exonérés de l'impôt. Un allègement fiscal ne sera accordé que si le fabricant apporte la preuve d'un bilan écologique global positif. Les mesures prises ne doivent pas avoir d'incidence sur les recettes de la Confédération. Les pertes de recettes occasionnées seront donc compensées par une imposition plus élevée de l'essence. Afin de garantir la neutralité des recettes, le taux d'impôt applicable à l'essence sera adapté périodiquement à l'évolution des quantités fiscalisées.

Selon les représentants des douanes que j'ai contacté, il est possible de monter un dossier pour être reconnu « installation pilote » en remplissant le dossier que j'ai joint en annexe12 page72.



J'ai souhaité connaître le point de vue du principal syndicat agricole concernant la production de biocarburant et notamment celle d'HVP. Mr Hänni Heintz, responsable en matière d'énergie et de transport à l'USP, (Union Suisse des Payans) m'a accordé un entretien.

Pour l'USP, la priorité première de l'agriculture Helvétique reste de produire des aliments et du fourrage, mais l'entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2008 de PA 2011 entraînera des baisses de prix, comme je l'ai mentionné précédemment. La production d'énergie par les agriculteurs pourrait alors constituer un moyen pour compenser la baisse de revenu.

La surface agricole et particulièrement la surface arable étant limitante, les biocarburants produits à partir de déchets seraient les plus concordants avec les objectifs initiaux. En revanche, pour les biocarburants issus des cultures, la priorité serait mise sur les plantes ayant le meilleur rendement à l'hectare, comme la betterave qui produit environ cinq fois plus de carburant à l'hectare que le colza. En revanche l'éthanol produit à partir de la betterave ne pourrait être valorisé par les agriculteurs comme carburant pour leurs tracteurs.

Concernant l'HVP, l'union suisse des paysans, redoute les problèmes techniques liés à son utilisation, même s'il reconnaît la possibilité d'augmenter l'autonomie des exploitations et de travailler en circuit court. D'une façon générale, la production de biocarburant en suisse passe essentiellement par l'importation de la matière première, et sur ce point l'USP souhaite tout comme la commission européenne mettre en place un éco label, qui prendrait en compte le respect de l'environnement et des hommes d'où proviennent ces produits.

Sur le plan de la fiscalité, l'USP ne partage pas la conclusion du rapport de l'EMPA qui ne reconnaît pas un bilan écologique positif à la culture de colza. Par conséquent le syndicat souhaite voir la production de tous les biocarburants, détaxée à l'avenir.

Compte tenu de la faible autonomie alimentaire du pays, l'USP ne voit pas favorablement le développement des cultures d'oléagineux à des fins énergétiques en raison de son faible rendement de carburant à l'hectare, mais la défiscalisation générale des biocarburants est souhaitée par le syndicat.

27 Synthèse du diagnostic

Le travail bibliographique, les rencontres effectuées avec les producteurs d'HVP et les représentants de l'Administration Fédérale des Douanes m'ont permis de réaliser une analyse du potentiel de production de l'HVP en Suisse par les agriculteurs. Une analyse de l'agriculture sous forme de tableau (tableau 3, modèle SWOT) permet de mettre en évidence, les forces et les faiblesses mais aussi les menaces et les opportunités de la production de biocarburant et notamment d'huile végétale pure ainsi que son utilisation par l'agriculture Suisse.

Il ressort de ce diagnostic que la Suisse n'a pas vocation à produire des biocarburants à grande échelle en raison de sa forte dépendance alimentaire et des coûts de production très élevés de son agriculture. En revanche la baisse des prix du colza indigène et l'abaissement des barrières tarifaires à l'importation d'oléagineux à des fins techniques, pourraient rendre rentable, la production en circuit court d'huile végétale pour un marché de niche. Un doute plane encore quant à la défiscalisation complète des biocarburants. A l'heure actuelle il est difficile d'entrevoir une issue sur ce point. Le rapport EMPA remet clairement en cause le bilan environnemental des biocarburants. En contre partie les différents producteurs de biocarburants rencontrés sont unanimes : une fiscalisation de leurs produits à l'instar des produits pétroliers sonnera le glas de leur activité par manque de rentabilité.

Le syndicat agricole et la Confédération n'adoptent pas une position volontaire pour la production de biocarburants. Le représentant de l'USP exprime un doute quant à l'usage de l'HVP dans les moteurs, sans s'exposer à des pannes.

La filière HVP existe bel et bien sans être médiatisée, les quatre producteurs actuels possèdent un réel savoir-faire pour produire une HVP conforme à la norme DIN 51605. Ils bénéficient du statut « de site de production pilote » qui permet de produire des biocarburants défiscalisés jusqu'à présent.

Tableau 3 : Analyse SWOT de la filière HVP

| FORCES/ATOUTS | FAIBLESSES |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> -Amélioration de l'autonomie énergétique de l'exploitation -Traçabilité du tourteau -Démarche diminuant les émissions de CO₂ -simplicité de la technique de production -Forte baisse des tarifs douaniers pour les oléagineux destinés à des fins techniques | <ul style="list-style-type: none"> -Faible surface agricole disponible -Attitude neutre de l'USP -Pas d'agriculteurs impliqués dans la production d'HVP actuellement -Pas de volonté manifeste de la Confédération d'encourager les biocarburants. -Peu de capacité de stockage à la ferme |
| OPPORTUNITES | MENACES |
| <ul style="list-style-type: none"> -Baisse du prix du colza indigène et hausse du diesel -Présence du savoir-faire des 4 unités de trituration produisant de l'huile carburant -Aides possibles pour la réalisation d'un projet de production d'énergie | <ul style="list-style-type: none"> -Incertitude sur les risques liés à l'utilisation de l'huile comme carburant dans les moteurs -Incertitude concernant la défiscalisation -Augmentation du prix mondial des produits alimentaires -impact environnemental défavorable des biocarburants selon l'étude de l'EMPA |

A partir de la synthèse de ce diagnostic, il est possible de formuler la problématique suivante :

Dans le contexte actuel de la hausse des prix des produits agricoles et de la politique énergétique, est-il rentable économiquement et pour les agriculteurs de produire de l'HVP l'utiliser comme carburant dans les tracteurs ?

L'objectif est d'évaluer la rentabilité de la mise en place d'un atelier de production d'HVP, en considérant le niveau de prix des oléagineux actuels et les variations envisageables. Les chiffres disponibles liés aux coûts de production d'HVP par les sites de production actuels, ne peuvent pas servir de références, car les volumes transformés et le débit des équipements sont sans commune mesure avec les besoins d'un groupe d'agriculteurs. Par conséquent, je m'appuierai sur des coûts de fonctionnement effectifs observés dans les ateliers de production des CUMA et dans le réseau TRAME en France. A partir des différents prix des matières premières, je vais estimer la rentabilité de plusieurs types de projets, en prenant pour hypothèse que la production d'huile végétale pure sera défiscalisée définitivement à partir de 2008.

3 La rentabilité de la mise en place de l'atelier

31 Rappel des objectifs :

Les agriculteurs souhaitent à travers cette démarche atteindre plusieurs objectifs :

- Améliorer le revenu de l'exploitation
- Renforcer l'autonomie énergétique de l'exploitation
- Bénéficier de la Traçabilité des tourteaux, en les valorisant par le troupeau
- Participer à l'effort de réduction des gaz à effet de serre.

Dans un premier temps je vais rappeler le cadre fiscal pour la production de biocarburant et les dispositifs d'aides prévus par PA 2011 pour soutenir ce type de projets. Ensuite, je définirai la typologie des exploitants Suisses susceptibles de mettre en place un atelier de trituration à la ferme, enfin j'établirai la rentabilité d'un tel projet.

32 La PA 2011 et la production d'HVP

Les modalités d'application de la nouvelle politique offrent aux agriculteurs au titre des améliorations structurelles, des aides publiques de deux types

-les subventions à fonds perdus. Des montants sont apportés conjointement par le Canton et la Confédération pour faciliter la mise de place de projets dits de développement régional.

- Les crédits d'investissements pour installations servant à la production d'énergie à partir de biomasse et projets de développement régional

J'ai contacté, les responsables de ces dispositifs, Mr Frund pour la République et Canton du Jura et Mr Fleury pour l'OFAG afin de connaître avec précision les conditions d'octroi des aides ainsi que les différentes aides disponibles dans le cadre d'un projet collectif de production d'HVP par les agriculteurs. Il en ressort que seul le dispositif de prêts sans intérêts, serait applicable. Il pourrait couvrir jusqu'à 40% du montant global de l'investissement à condition de prouver au préalable la rentabilité financière du projet

Peu d'aides sont donc disponibles dans le cas de la mise en place d'un atelier de production d'HVP par un collectif d'agriculteurs, si ce n'est un prêt sans intérêt sur 40% du montant. Ce constat traduit bien la volonté politique d'aider des productions d'énergie autre que l'HVP, tel que le biogaz par exemple.

33 Cadre fiscal :

Il convient de rappeler que la production de biocarburant ne peut bénéficier d'une exonération de la taxe sur les huiles qu'après en avoir réalisé la demande auprès de l'Administration Fédérale des Douanes, afin d'être reconnu comme « site de production pilote » et de bénéficier d'un contingent de production et d'une détaxe. Cette possibilité restera valide si la modification de la loi sur l'huile minérale est appliquée telle qu'elle est définie dans le projet de loi actuellement.

34 Le prix du diesel est très favorable pour les agriculteurs

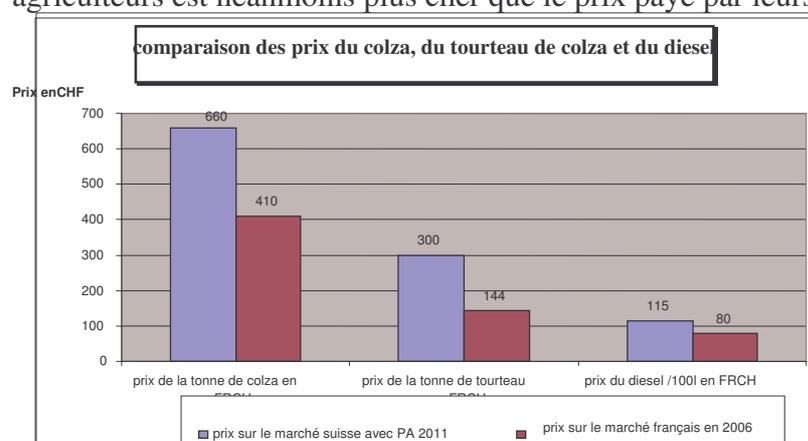
Les agriculteurs suisses payent dans un premier temps, le diesel qu'ils utilisent pour leur tracteur au même prix que les autres consommateurs. Mais avec, une année de décalage, ils perçoivent de la part de l'administration des douanes une ristourne de 58 centimes de CHF par litres. Le niveau de cette ristourne est de plus en plus souvent discuté par les pouvoirs publics qui souhaiteraient le voir révisé à la baisse de façon progressive dans les années à venir.

Tableau 5 : Evolution du prix du diesel en Suisse entre 2004 et 2006

| Année | 2004 | 2005 | 2006 |
|---|------|------|------|
| Diesel prix à la pompe en Frs CH | 1,45 | 1,64 | 1,74 |
| Prix pour les agriculteurs Suisses en CHF | 0,86 | 1,05 | 1,15 |
| Prix en € (1CHF = 0,66€) | 0,96 | 0,7 | 0,76 |
| Prix pour les agriculteurs Français HT | 0,52 | 0,72 | 0,60 |

Source : OFS et INSEE

Le tableau ci-dessus montre que grâce à la forte remise qui leur est accordée, les agriculteurs suisses paient leur carburant 35% moins cher que les autres consommateurs, comme les entrepreneurs de travaux agricoles ou les transporteurs routiers. Ce prix du diesel payé par les agriculteurs est néanmoins plus cher que le prix payé par leurs homologues Français.



Graphique 5

Elaboration personnelle à partir des sources INSEE, OFS, ONIOL année 2006

35 Typologie des exploitations suisses produisant du colza

L'étude de la rentabilité de la mise en place d'un atelier d'HVP à la ferme s'effectue à partir des caractéristiques des exploitations susceptibles d'être concernées. Il est indispensable de connaître les surfaces cultivées, les consommations de carburants et les effectifs des troupeaux susceptibles de valoriser les tourteaux, sous produits de la trituration des graines. En effet, les travaux menés en France et en Allemagne montrent que la rentabilité d'une filière HVP n'est possible que si le tourteau est valorisé, notamment par un atelier de production animale, le plus souvent par un troupeau laitier. Parmi les différents tourteaux oléagineux, le tourteau de colza est de loin celui qui présente le plus d'intérêt d'un point de vue nutritionnel pour le bétail.¹¹

Le Rapport de base 2005 établi par la station de recherche : Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) permet de disposer d'un nombre de données considérables sur les caractéristiques de l'agriculture Suisse en 2005. Ainsi, le nombre d'exploitations en Suisse qui produisent à l'heure actuelle du colza est de 6'490. Parmi elles 4'200 possèdent un troupeau de bovins.

Le recoupement de ces données permet de définir une typologie des exploitations Helvétiques produisant du colza et possédant un troupeau pour valoriser le tourteau, à partir d'un échantillon de 3'200 exploitations. Ces exploitations se situent en zone de plaine. La

¹¹ Source : (Fourrages 2006 187.329-342).

ration de base du troupeau de bovins est basée essentiellement sur l'ensilage de maïs. L'équilibre de cette ration nécessite un apport de protéines que peut constituer le colza.

| Typologie des exploitations de plaine produisant du colza et possédant un troupeau laitier. | | |
|---|---------|----------------------|
| Critères retenus | moyenne | 25% les plus grandes |
| SAU en Ha | 26 | 35,68 |
| Surface cultivée en Ha | 13 | 19,45 |
| Blé en Ha | 4 | 6,62 |
| Orge en Ha | 2 | 2,43 |
| EMPE en Ha | 2,5 | 3,24 |
| Pomme de terre en Ha | 0,9 | 1,26 |
| Betterave sucrière en Ha | 1,1 | 1,35 |
| Colza en ha | 1,1 | 1,65 |
| CHEPTEL EN UGB | 27 | 48,8 |
| Nombre VL | 20 | 34,8 |
| Consommation carburant en litres | 3200 | 3950 |
| Coût de carburant CHF | 3659 | 4542 |

Tableau 6: Typologie des exploitations de plaine produisant du colza et possédant un troupeau laitier

Source : Elaboration personnelle à partir du rapport de base 2005 Station de recherche, Agroscope, Reckenholz-Tänikon,

36 Besoin en huile pour les exploitations moyennes

Sur les 3'200 litres de diesel consommés chaque année sur ces exploitations, je prends pour hypothèse que seulement la moitié de cette quantité est utilisée lorsque le moteur fonctionne à pleine charge, soit 1'600 litres. Pour utiliser l'huile jusqu'à 100% dans les moteurs, les agriculteurs doivent équiper un de leur tracteur d'un kit de bicarburant, de technologie simple, vu la faible consommation de carburant. Je prends par exemple le type Elsbett pour un coût de 650 CHF qui peut s'amortir sur 10 ans soit pour un usage de 16'000 litres d'huile. Cela représente un coût de 4 centimes /litre d'huile consommée. Le choix pour un dispositif de bicarburant automatisé pour un prix de plus de 5'000 CHF n'est pas envisageable car son amortissement nécessite d'utiliser de grandes quantités de carburant.

En estimant le taux d'extraction de l'huile à 33%, niveau obtenu régulièrement à partir de presses à barreaux, la quantité de colza à triturer est de 5'000 kg. Il en résulterait 3'300 kg de tourteaux. La surface en colza passerait de 1,1 à 1,3 ha, ce qui ne devrait pas poser de difficultés au niveau de l'assolement. D'après les prévisions¹² concernant le prix du colza indigène pour les années à venir et des primes oléagineuses qui seront distribuées, la marge brute de cette culture devrait rester stable et supérieure aux céréales, comme c'est le cas actuellement. Marge brute du colza 2006 : 3'586 CHF Marge brute du blé 2006 : 3'097 CHF

37 Les besoins en tourteaux de colza de ces exploitations

Les exploitations retenues dans la typologie compte 20 vaches en moyenne. Le tourteau de colza pressé à froid avec une presse à barreaux présente un taux de matières grasses de l'ordre de 10%. Une étude de l'Institut de l'élevage (voir page 12 et 13) indique qu'il est possible de distribuer 2 kg par jour et par vache de tourteau de ce type sans aucun problème en complément d'une ration de type ensilage de maïs ou d'ensilage d'herbe. Le besoin en tourteau de colza d'une exploitation serait dans ce cas de 20VL × 305 jours de lactation × 2kg soit 12'200 Kg de tourteau par an ce qui correspond à 18'000 kg de colza (66% de rendement en tourteau) et encore à 5 ha de culture de colza.

4 Premier scénario : Production d'HVP par 10 d'agriculteurs, à partir du colza indigène. Choix des équipements :

¹² Prévisions AGRIDEA et OFAG, (2) AGRIDEA, marges brutes, éditions 2006

Le choix des équipements s'est effectué en reprenant les avis d'experts rencontrés notamment Mr Martin Meyer, mais aussi en reprenant les coûts de fonctionnements de diverses CUMA en France fournis par Mr Sylvain Judeaux animateur de la FRCUMA de l'Ouest, ainsi que l'IFHVP.

L'objectif étant de choisir un type de matériel adapté au volume de colza à presser ayant de bonnes références quant à la quantité et la qualité de l'huile obtenue, mais aussi sur sa fiabilité dans le temps. (Annexe 4). La taille moyenne des CUMA rencontrées en Suisse est de 10 exploitations. Compte tenu des besoins en huile, environ 16'000 litres pour un groupe de dix agriculteurs, mon choix s'est porté sur une presse à barreaux, type Reinartz AP 108, d'un filtre à plaque de type Griffio équipé d'une pompe. Cet équipement assure un débit de pressage de 80 Kg de graine/h. La société Ernest Roth en Suisse fournit ce type de matériel pour le montant de 30'000 CHF, comprenant la presse et le filtre à plaque. J'ai ajouté une remorque à 5'000 CHF pour transporter le matériel d'une ferme à l'autre. Le prix du matériel agricole en Suisse est régulièrement supérieur au prix observé en France de 15 à 20%. On retrouve cet écart dans le cas des presses à huile.

Chaque agriculteur devra investir dans 2 cuves de 1'000 litres dont une cuve de décantation avec pompe de reprise et filtre de sécurité.

Le prix de cet équipement s'élève à 3'225 CHF (prix catalogue Roth), soit un coût sur 10 ans à raison de 1'600 litres/an de 20 centimes par litre, auxquels il faut ajouter 4 centimes liés à l'amortissement du Kit de bicarburation. On remarque que les faibles besoins en huile des exploitations ne permettent pas d'économies d'échelle.

41 Financement du projet

Le financement de cet équipement pourrait se faire à partir d'un prêt sans intérêts (aide Cantonale) pour 40% de la valeur soit, 12'000 CHF soit une annuité de 1'715 CHF sur 7 ans. Il faut noter que cette aide n'est accordée que si la rentabilité du projet est justifiée.

Un prêt bancaire à 3% serait réalisé pour les 18'000 CHF, soit une annuité de 2'890 CHF.

Il en résulterait une annuité globale de 4'605 CHF.

42 Coûts de fonctionnement

Pour évaluer le coût de fonctionnement j'ai repris les résultats comptables d'ateliers existants de la même taille en France. J'ai repris les coûts de fonctionnement de la CUMA inov 22 du Morbihan et d'une CUMA du Bas-Rhin qui fonctionnent depuis plusieurs années. Ces deux structures possèdent le même matériel et triturent un volume comparable à mon exemple. Leurs coûts de fonctionnements sont identiques, ils comprennent les charges liées à l'entretien de la presse, des filtres, du remplacement des pièces d'usures de la presse ainsi que l'électricité consommée sur la base de 1 kWh pour 10 litres d'huile produite. Le prix du kWh en Suisse est de 20 cts.

La chambre d'agriculture des Pyrénées estime à une heure, le besoin de main d'œuvre pour produire 1000 l d'huile. Le prix de l'heure de travail est de 27 CHF en Suisse. On peut donc ramener le coût de la main d'œuvre à 4 centimes par litre d'huile produit.

Dans mon estimation je prends pour hypothèse que les agriculteurs possèdent la capacité de stockage, de séchage et triage des graines pour une petite quantité de colza de 5 tonnes ainsi que l'espace pour installer l'atelier. La mise en place de cet atelier n'a pas d'impact sur la culture en elle-même (pas de charges en moins ou supplémentaires liées au mode de culture). Elle en change simplement la destination finale. Les capacités des presses sont définies en kilogramme de graines à triturer. Je considère que la presse fournit 2/3 de tourteau et 1/3 d'huile de densité de 0,915 kg/L.

| MATERIEL UTILISE | MONTANT EN CHF |
|---------------------------|----------------|
| -Presse Reinartz 80 kgs/h | 22'325 |
| -Filtre biofiltre CHF | 2'675 |
| -Remorque transport | 5'000 |
| Total investissements CHF | 30'000 |

Tableau 7 Montant des investissements

Tableau 8 : Variation du coût du pressage par quintal de colza selon la quantité pressée

| Quantité de colza pressée | 500 quintaux | 1000 quintaux | 1500 quintaux |
|---|-----------------|---------------|----------------|
| Surface consacrée en hectares | 15 | 30 | 45 |
| Quantité d'huile obtenue | 16'500 litres | 33'700 litres | 49500 litres |
| Quantité de tourteaux produits | 33'500 quintaux | 663 quintaux | 1'005 quintaux |
| Nombre d'heures de fonctionnement/an | 625 | 1'250 | 1'925 |
| Annuité (remboursement lin. 7 ans) en FR | 4'605 | 4'605 | 4'605 |
| Annuité par quintal de colza pressé | 9,2 | 4,6 | 3,1 |
| Charges de fonctionnement /quintal* | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| Total charges de fonctionnement de l'atelier (hors MO)/an CHF | 1'300 | 2'600 | 3'900 |
| Charges par quintal de colza en FR | 11,8 | 7,2 | 5,7 |

* charges liées à l'entretien de la presse, des filtres, basées sur le fonctionnement de la CUMA inov22 (*comprend l'entretien et le remplacement des filtres et des pièces d'usures de la presse, les frais d'analyse d'huile ainsi que l'électricité consommée : 1KWh pour 10 litres d'huile produite, prix du KWh en Suisse =20cts)

43 Prix de revient de l'huile

L'utilisation du terme « prix de revient » n'est pas économiquement exacte ici. En effet, les calculs réalisés se basent sur un prix de marché du colza avec PA 2011 (66 CHF/quintal et non sur le prix réel de revient de cette culture. L'intérêt ici est de comparer les deux possibilités qui s'offrent à l'agriculteur, à savoir le choix de vendre son colza sur le marché alimentaire ou alors de le garder pour produire son biocarburant. Le prix du tourteau est estimé à 30 CHF avec PA 2011.

Le calcul du prix de revient est défini par :

(Qté graine x prix colza + Charges liées à l'atelier – Qté de tourteau x prix tourteau) / litrage produit

Soit dans mon exemple, pour 500 quintaux de colza le prix de revient de l'huile se calcule de la façon suivante : $500\text{qtx} \times 66 \text{ CHF} + (500\text{qtx} \times 11,8) - 500\text{qtx} \times 66\% \times 30\text{FR} = 29000 / (16000 \times 0,915) = 1,98 \text{ CHF/litre d'huile}$.

Comparé au prix du diesel qui est de 1,15CHF à l'heure actuelle, et considérant qu'aucune rémunération de la main d'œuvre n'est prise en compte, on s'aperçoit qu'il n'est pas rentable pour les agriculteurs Suisses de s'équiper pour triturer le colza qu'ils produisent. C'est la raison pour laquelle aucun agriculteur ne s'est lancé dans un projet de ce type jusqu'à ce jour. La baisse régulière du prix du colza indigène n'est pas suffisante pour envisager une production rentable d'HVP.

44 Facteurs de variations : le prix du tourteau de colza.

Plus le prix du tourteau est élevé sur le marché et plus cette filière est rentable. Les prévisions de l'OFAG prévoient un prix stable pour le tourteau autour de 300 FCH la tonne, suite à la mise en place de PA 2011 à partir de janvier 2008.

De plus la levée de barrières douanières concernant ce produit à compter du 1^{er} janvier 2008 et les prévisions de la commission européenne ne laissent pas envisager une hausse de ce prix dans les années à venir.

45 Le taux d'utilisation de la presse et des filtres

Tableau 9 : prix de revient de l'huile en fonction des quantités pressées

| Quantité de colza pressée | 500 quintaux | 1000 quintaux | 1500 quintaux |
|---|--------------|---------------|---------------|
| Surface consacrée en hectares | 14,5 | 29 | 43 |
| Quantité d'huile obtenue en kg | 16'500 | 33'700 | 49'500 |
| Quantité de tourteaux produits | 335 quintaux | 663 quintaux | 1005 quintaux |
| Produits en moins, vente de colza | 500×66=33000 | 66'000 | 99'000 |
| Charges de trituration par quintal de colza en FR | 11,8 | 7,2 | 5,7 |
| Charges en moins, tourteau | 10050 | 19890 | 30150 |
| Total charges par litre d'huile (hors MO)/an CHF* | 1,98 | 1,71 | 1,66 |

Dans le cas présent les charges d'amortissement de la presse revient à 4285CHF/an. Or elle n'est utilisée que 625 heures par an, soit 55 journées à 8h/jour. A titre d'exemple, la presse de la société « Junior Diesel » que j'ai visité, fonctionne environ 300 jours par an 24/24 soit 7'200 heures par an. Les économies d'échelle sont considérables. Dans mon exemple, avec le débit de 80 kg de colza/ heure, une utilisation à hauteur de 7'200 heures donnerait une production proche de 200'000 litres par an permettant ainsi de faire passer les frais liés à l'annuité de 0,22 CHF/litre d'huile à moins de 2 centimes.

Toutefois, comme le montre le tableau ci-dessus, même dans le cas d'une utilisation intensive des équipements, l'économie d'échelle réalisée, ne suffit pas à atteindre une rentabilité du projet.

La rentabilité de la mise en place d'un atelier de trituration à la ferme en utilisant du colza indigène n'est pas rentable. Bien que les coûts liés à l'investissement de l'atelier sont légèrement supérieurs aux coûts français, la principale raison provient du prix relativement élevé du prix du colza en Suisse par rapport au prix du carburant payé par les agriculteurs, ainsi que les faibles surfaces de colza par exploitations. L'utilisation intensive de la presse en vue de réduire les charges d'amortissements par litres d'huile produits ne peut apporter une rentabilité.

5 Deuxième scénario : Les agriculteurs importent le colza, pour le presser eux-mêmes

La première approche a montré que malgré la baisse du prix du colza du à la mise en place de PA 2011, ce prix est encore trop élevé par rapport au prix du diesel pour assurer la rentabilité du projet. Toutefois il est possible pour les installations reconnues « pilote » par l'Administration Fédérale des Douanes d'importer des graines d'oléagineux pour les utiliser à des fins techniques. Importer la graine de colza ne satisfait pas l'un des objectifs des agriculteurs qui est de renforcer l'autonomie énergétique de l'exploitation. De plus les dépenses d'énergies liées au transport de du colza viennent diminuer le bilan énergétique de l'HVP. La volonté de travailler en circuit court n'est pas respectée dans ce cas.

Dans ce scénario, j'ai pris comme prix de référence, le cours de la graine de colza, cotation FOB Moselle pour Juin 2007, 275€/tonne soit 455CHF/tonne. (Très fluctuant en 2007). Il convient de prendre en compte le prix du transport. J'ai choisit le camion pour un prix de 2,50 CHF le km par 25 tonnes. (Source ONIC.fr) Le prix du colza rendu à la ferme serait de 515 CHF/tonne. J'ai décidé de ne pas prendre en compte le faible droit de douane (10 centimes le quintal). On aurait alors un prix de revient de l'huile estimé pour un achat de 500 quintaux $500qt \times 51,5 \text{ CHF} + (500 \times 11,8) - 340 \times 30 = 21450 / (16000 \times 0,915) = 1,42 \text{ CHF}$

Tableau 10 : prix de revient de l'huile à partir de colza importé

| Quantité de colza pressée | 500 quintaux | 1000 quintaux | 1500 quintaux |
|---|----------------|---------------|---------------|
| Quantité d'huile obtenue en Kgs | 16500 | 33700 | 49500 |
| Quantité de tourteaux produits | 340 quintaux | 663 quintaux | 1005 quintaux |
| Achat de colza | 500×51,5=25700 | 51500 | 77250 |
| Charges de trituration par quintal de colza en FR | 11,8 | 7,2 | 5,7 |
| Charges en moins, tourteau | 10050 | 19890 | 30150 |
| Total charges par litre d'huile (hors MO)/an CHF* | 1,42 | 1,26 | 1,23 |

On s'aperçoit que même dans ce cas, on n'arrive pas à rentabiliser le projet, le prix de revient de l'huile est encore plus élevé que le prix du diesel. De plus la livraison par camion de 25 tonnes engendre un besoin en capacité de réception et de stockage important que la plupart des agriculteurs ne possèdent systématiquement. Il faut prendre en compte les charges liées au Kit de bicarburation, à la cuve et à la pompe de reprise dans ce coût, soit 20 centimes de CHF/litre d'huile.

6 Troisième scénario : les agriculteurs achètent le colza et le font presser par le moulin le plus proche de leur ferme.

Parmi les personnes qui gèrent des ateliers de trituration à froid et qui produisent une huile correspondant à la norme DIN 51605. M. Herger de ETOY Energie ou M. Ulrich de Junior Diesel, sont disposés à triturer le colza d'agriculteurs. Leur prestation serait de 10CHF/quintal de colza.

On peut donc imaginer que les agriculteurs importent le colza et le font livrer directement chez le prestataire, le plus proche. Puis ils récupèrent l'huile et le tourteau.

Prix de revient de l'huile pour les agriculteurs dans ce cas :

Achat de 500 quintaux à 51,5CHF transport compris soit 25'750 CHF

Pressage et filtration : 5'000 CHF

Tourteau : 340 quintaux à 30CHF soit 10'050 CHF

$25'750 + 5'000 - 10050 = 20'550 / (16000 \times 0,915) = 1,36 \text{ CHF}$

Dans ce troisième cas, le prix de revient est encore supérieur au prix du diesel, toutefois il n'y aurait pas de main d'œuvre à fournir si ce n'est le transport de l'huile et du tourteau à la ferme, et de plus le prestataire garanti la qualité de l'huile à la norme DIN51605

Tableau 11 : Récapitulatif des trois scénarii

| Scénarii pour une production de 16000 litres d'huile | Prix de revient de l'huile en CHF/litre* | Charges à ajouter en CHF/litre ** | Commentaires |
|--|--|---|---|
| Scénario 1 Atelier de trituration à la ferme, colza produit sur l'exploitation | 1,91 | Achat cuve pompe et kit de bicarburation (0,24) | Pas rentable économiquement, bilan écologique favorable. Traçabilité du tourteau aisée |
| Scénario 2 Atelier à la ferme, colza importé, transport compris | 1,42 | Achat cuve pompe et kit de bicarburation (0,24) | Pas rentable économiquement, n'améliore pas l'autonomie énergétique de l'exploitation, traçabilité plus difficile bilan écologique favorable, |
| Scénario 3 Colza importé, trituré par un prestataire transport compris | 1,36 | Achat cuve pompe et kit de bicarburation (0,24) | Pas rentable économiquement, n'améliore pas l'autonomie énergétique de l'exploitation, traçabilité plus difficile bilan écologique favorable, |

*main d'œuvre non rémunérée

** amortissement du kit de bicarburation de la cuve et de la pompe sur 10 ans soit 3875 CHF/16000litres= 24centimes/litre d'huile

61 La production et l'utilisation d'HVP comme carburant pour leurs tracteurs par les agriculteurs suisses ne sont pas rentable

La baisse des prix des oléagineux due à la mise en place de PA 2011, et les mesures de la Confédération concernant la politique énergétique ne permettent pas d'envisager une rentabilité économique dans un projet de production et d'utilisation d'HVP comme carburant pour leurs tracteurs par les agriculteurs Suisses. La principale cause provient du fait que la ristourne de 58cts/litre de diesel accordée aux agriculteurs permet à ces derniers de bénéficier d'un prix relativement avantageux comparé au prix de la graine de colza dans ce pays. Le montant de l'investissement dans les équipements pour produire l'huile est légèrement supérieur en Suisse qu'en France pour le même matériel, mais cela ne représente pas la principale raison du manque de rentabilité. Quant au coût de fonctionnement, il est comparable au coût observé en France.

Le scénario 2 qui consiste à investir dans un atelier de production d'huile et à importer de la graine de colza n'est pas rentable, le fait que le prix du colza sur le marché européen soit 30% plus cher en 2007 qu'en 2005 explique en partie ce diagnostic. En pressant 1500 quintaux de colza, l'économie d'échelle permet de diminuer le prix de revient à 1,23 CHF. Ce niveau est très proche des prix de revient obtenus en France par les ateliers suivis par les animateurs CUMA et communiqués par M. Meinrad de TRAME. Dans ce scénario, on travaille à partir de colza au prix comparable au marché européen (pas de frais de douanes). La rémunération du travail n'est pas prise en compte.

La réception de colza par camion de 25 tonnes, nécessite une capacité de stockage que les agriculteurs ne possèdent pas, en effet l'immense majorité des agriculteurs suisses livrent les productions de cultures de ventes à des organismes collecteurs au moment de la récolte.

Les 50000 litres d'huiles obtenus correspondent aux besoins en huile de 30 exploitations. Réunir 30 agriculteurs autour d'un projet qui serait le premier du genre en Suisse demanderait une phase de consultations et de persuasion longue. Les besoins faibles en huile des exploitations entraînent des charges par litre élevées liées à l'investissement dans une cuve de stockage avec filtre, pompe de reprise et kit de bicarburation. Dans mon exemple ce coût est de 24 centimes de CHF. On obtient donc un prix de revient global de l'huile qui est nettement supérieur au prix du diesel, alors que la rémunération de la main d'œuvre n'a pas été prise en compte. Dans ces conditions ce projet n'est rentable, mais la solution la moins défavorable reste, le recours à un prestataire pour la production d'huile. D'une part la qualité de l'huile est garantie, d'autre part le coût de la prestation comprend la main d'œuvre.

7 Critique et limites de la méthode utilisée

71 Choix de la méthode pour évaluer la rentabilité d'un projet de production d'HVP

-La taille des exploitations augmente rapidement

La restructuration rapide de l'agriculture suisse a pour conséquence une augmentation non moins rapide des surfaces exploitées par exploitation et par conséquent des quantités de carburants consommés. Ces évolutions rendent caduque, le choix d'une typologie. Les références disponibles concernant la taille et les productions exploitations en 2006, seront certainement très différentes en 2010, et par conséquent les besoins en carburants, les surfaces en oléagineux par exploitation le seront également.

A l'heure actuelle, on assiste à des regroupements d'exploitations. On parle alors de communautés d'exploitations. Les CUMA existent sans représenter la même proportion d'agriculteurs qu'en France.

- La défiscalisation des biocarburants n'est pas encore assurée

Les mesures politiques peuvent fortement faire évoluer le contexte de mon étude. Tout d'abord parce que la défiscalisation des biocarburants pratiquée aujourd'hui n'est pas prolongée de façon certaine pour 2008. Les engagements de la Confédération en matière de réduction d'émission de CO₂ ne sont pas respectés, on peut s'attendre alors à ce que le parlement se prononce pour la mise en place d'une taxe plus lourde sur les carburants d'origine fossile dont les prix sont repartis à la hausse depuis quelques semaines.

- La prévision des prix du pétrole et des denrées alimentaires est difficile

Les hypothèses de prix du colza sur le marché mondial sont très difficiles à effectuer en ce moment. Même les prévisions de l'OCDE publiées en 2006, ne prévoyaient pas une telle hausse du prix des produits agricoles.

72 Choix de la méthode utilisée pour évaluer les risques liés à l'utilisation de l'HVP comme carburant :

- Des experts reconnus

Les réseaux de CUMA, l'IFHVP, TRAME et les producteurs d'HVP suisses possèdent une grande expérience et des bases solides pour définir les conditions d'obtention d'une huile de qualité. Martin Meyer est un spécialiste reconnu de part ses travaux liés aux adaptations des moteurs pour fonctionner à l'HVP.

- l'utilisation de l'HVP avec des moteurs équipés de Common rail

Au-delà des témoignages d'experts au sujet de tracteurs de ce type fonctionnant à l'HVP, il serait préférable de disposer d'une étude scientifique réalisée sur des moteurs ayant fonctionné durant plusieurs milliers d'heures, que ce soit avec des kits de bicarburant ou des modifications des moteurs, pour pouvoir tirer des conclusions solides.

8 Conclusions de l'étude

81 Des avancées sur le plan technique quant à la production et à l'utilisation de l'HVP

L'utilisation de l'HVP remonte maintenant à plus de dix ans. Durant ces années bien des progrès ont été réalisés au niveau de l'obtention d'une huile de qualité, une norme de qualité ayant été même établie et suivie par la plupart des producteurs. Ces progrès se sont traduits par une organisation rigoureuse des ateliers, du tri de la graine jusqu'au stockage de l'huile.

Les conditions d'utilisation de l'HVP dans les moteurs de tracteurs sont connues, et les recommandations sont précises et leur non-respect peut entraîner des pannes lourdes au niveau des moteurs. Les modifications des moteurs pour utiliser ce carburant évoluent aussi, et les récents partenariats entre des motoristes et des ateliers allemands proposant ces techniques laissent penser que des moteurs dédiés à ce carburant seront disponibles avant 5 ans à des prix moins élevés qu'aujourd'hui. D'ici là l'utilisation d'HVP pour des moteurs équipés d'injection Common Rail doit se réaliser avec prudence et sans dépasser 30% d'huile dans le mélange. Les émissions d'oxyde d'azote sont supérieures à celles provenant de l'utilisation du diesel. Mais les technologies pour traiter ces émissions et les rendre conformes aux normes existent déjà sur les moteurs des camions.

82 La production et l'utilisation par les agriculteurs suisses de l'HVP comme carburant dans leurs tracteurs ne sont pas rentable.

La dernière partie de mon étude a montré qu'il n'était pas rentable actuellement pour des agriculteurs suisses de produire de l'HVP et de l'utiliser comme carburant dans leur tracteur, pour les raisons que j'ai évoquées.

En France, les conseillers des CUMA et les responsables de TRAME reconnaissent que la fièvre est retombée depuis un peu plus d'un an. La principale cause provient du fait de la très forte hausse du prix des oléagineux, conjuguée à la baisse du prix du tourteau de colza. Luc Meinrad, responsable des biocarburants au réseau TRAME m'a confirmé que cette tendance a entraîné une rentabilité faible, voire nulle des ateliers de production d'HVP en France en 2007 comparée à celle qui existait les deux années précédentes. En moyenne le prix de revient de l'huile oscille autour de 80 centimes d'euros pour un prix du diesel à 65 centimes pour les agriculteurs. Une rentabilité est possible en vendant l'HVP à des transporteurs qui paient leur carburant beaucoup plus cher que les agriculteurs. On se retrouve alors que dans la même configuration que les producteurs d'HVP en Suisse actuellement.

Aujourd'hui, l'écart entre le prix de revient du diesel aux agriculteurs (1,15 FCH) et le prix de l'HVP (1,30 FCH) vendu par les producteurs actuels est de 15 centimes.

Une récente étude de l'OCDE et de la FAO ne laisse pas envisager une baisse du prix des oléagineux d'ici 2016. Les prix des graines et tourteaux d'oléagineux continueront d'augmenter en 2008, en partie à cause de la forte hausse des prix des céréales, qui rend plus compétitives les farines protéiques fabriquées à partir d'oléagineux et destinées aux animaux. Néanmoins, dans les années qui suivent ces prix se stabiliseront progressivement, à mesure que l'offre et la demande s'équilibreront. (Voir Annexe n°13 p. 73).

-La ristourne accordée aux agriculteurs va baisser à l'avenir

Le calcul du montant de la ristourne accordée aux agriculteurs n'est pas basé sur leur consommation effective de diesel, mais sur la surface qu'ils exploitent et la nature de l'utilisation du sol. Différents coefficients sont appliqués. L'unité de base étant l'hectare d'herbe à raison de 100 litres de diesel par hectare. A titre d'exemple, les surfaces en grandes cultures ont un coefficient de 170 litres de diesel/hectare.

A l'heure actuelle, les agriculteurs pourraient donc utiliser de l'HVP en mélange avec le diesel tout en percevant le même montant de ristourne accordée par litre de carburant d'origine fossile utilisé. La base de calcul de cette ristourne n'aurait plus de sens dans cette hypothèse.

Interrogée sur ce sujet, Mme Marion Bracher, de l'Administration Fédérale des Douanes m'a fait savoir que le calcul de la ristourne accordée aux agriculteurs au titre de leur consommation de diesel est en cours de modification. Le niveau de cette ristourne est de 58 centimes de FCH par litre actuellement, le prochain mode de calcul doit faire diminuer ce seuil de quelques centimes par litres. Cette baisse doit donc anticiper l'éventuelle substitution partielle de diesel par de l'HVP. Les agriculteurs utilisant de l'HVP auront l'obligation de le déclarer aux services de l'administration des douanes.

Cette modification sera effective en 2008, même si les modalités exactes ne sont pas encore connues aujourd'hui. Dès lors, cette mesure entraînera indirectement une augmentation du prix du diesel. Concernant l'évolution du niveau de prix du baril de pétrole, les experts de l'IFP s'accordent pour exclure une baisse du prix et même envisagent une hausse sensible dans les années prochaines.

L'écart actuel entre le prix du diesel pour les agriculteurs (Déduction de la ristourne faite) et le prix de l'HVP qui est de 15 centimes de FCH, il pourrait donc se réduire sensiblement. Ces prévisions reposent sur un nombre trop grand de conditions pour envisager sereinement de la part d'agriculteurs un investissement dans un atelier de trituration et espérer une rentabilité durable de ce projet. En revanche, le recours à un prestataire permettrait d'adopter une stratégie opportuniste en fonction de la conjoncture des marchés (oléagineux et pétrole) sans s'engager sur le moyen terme et sans immobiliser du capital.

La production et l'utilisation d'HVP, même si elle n'est pas rentable économiquement, représentent un moyen d'échapper au lobbying pétrolier.

Ce motif ajouté à la réduction des émissions de CO₂ peut représenter chez certains une motivation pour substituer, l'HVP au diesel.

-Les agriculteurs auront un rôle à jouer au niveau de la production de l'énergie

En Suisse, la filière HVP se développe actuellement, mais essentiellement à partir de colza importé. Les agriculteurs y sont totalement absents. La ristourne qui leur est reversée par l'Administration Fédérale des Douanes abaisse fortement le prix de revient du diesel. Ce dispositif fiscal, associé au niveau de prix élevé des oléagineux et le peu de mesures politiques pour encourager les biocarburants ont pour conséquence la non rentabilité de la mise en place d'un atelier de trituration à la ferme. Mais au-delà du contexte local ou national, cette rentabilité à moyen terme est liée au contexte international des biocarburants, des denrées alimentaires et de l'énergie. Ces trois secteurs, associés à la dérive climatique sont stratégiques. Ils interviennent chacun, directement dans l'environnement des exploitations agricoles. L'enjeu pour les agriculteurs réside dans leur capacité à s'adapter au plus vite à cet environnement, car il est évident qu'ils ont une carte à jouer.

83 La cogénération, une nouvelle voie pour valoriser l'HVP ?

L'analyse du volet « énergie » de la politique agricole suisse et la position de l'USP, montre clairement que le développement des biocarburants n'est pas une priorité. La Confédération encourage davantage la production d'électricité et de chaleur en valorisant en particulier les déchets d'origine végétale ou animale. La Suisse est soumise à un climat continental avec des hivers rigoureux. Les hausses conjointes du fioul et de l'électricité incitent les autorités à développer conjointement des labels de construction précisant les normes d'isolations et les matériaux de constructions, mais aussi différentes techniques de chauffage. La cogénération est surtout utilisée pour l'instant pour valoriser le biogaz.

Le professeur Meyer travaille sur la valorisation de l'HVP en cogénération dans des moteurs stationnaires en partenariat avec le motoriste Liebherr. Cette technique a pour principe de produire de l'électricité et de la chaleur. Avec cette technique 33% de l'énergie fournie par le moteur est transformée en électricité et 66% en chaleur. Le rendement est supérieur comparé à un usage carburant pour un moteur de tracteur.

M. Meinrad de TRAME, m'a confié que cette voie devait être explorée en France, pour fournir une alternative à l'utilisation de l'HVP dans les tracteurs, puisque cet usage ne paraît plus rentable en ce moment. L'électricité produite peut être revendue aux principaux opérateurs du marché de l'électricité du pays. La chaleur dégagée peut être vendue à des particuliers en adoptant le principe du chauffage à distance. L'agriculteur peut aussi valoriser cette chaleur dans la ferme pour divers usages selon les productions, chauffage de serre, de maternité de porcherie, chauffage de l'air de séchoir de graines et de fourrages...etc.

L'utilisation de l'HVP en cogénération permettrait d'atteindre les objectifs actuels des agriculteurs producteurs d'HVP, à savoir, le renforcement de l'autonomie énergétique de l'exploitation, la valorisation des tourteaux, tout en restant une activité de niche. Il reste néanmoins à prouver sa rentabilité économique.

Pour les agriculteurs suisses, l'un des intérêts de l'HVP carburant, aurait consisté à réduire sa facture d'énergie en l'occurrence de diesel. L'étude a montré que cela n'était pas possible avec la conjoncture actuelle. En revanche, un moyen efficace de réduire sa facture de diesel, c'est de revoir ses pratiques pour diminuer sa consommation. En termes triviaux, le diesel le moins cher, c'est celui que l'on ne consomme pas.

Bibliographie

Ouvrages généraux :

- AGRIDEA et FIBL, 2006. Marges brutes Edition 2006, Lausanne, 155 p.
- Ballerini D., 2006. Les biocarburants, Etat des lieux, perspectives et enjeu du développement, IFP publications, 370 p.
- Brunschiw P. et Lamy JL, 2006. Production d'huile végétale et de tourteaux, possibilités et conséquences. Fourrages, n° 187, p.329-342
- ECOBILAN, Pricewaterhousecoopers, 2002. Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France. Paris. ADEME, DIREM, 132p
- Joye P, 2003. Transformation et valorisation du colza à la ferme – projet TriCoF, rapport final, FUSAGx, 246 p.
- Schuman U., 2005. Les huiles oléagineuses comme carburant pour les moteurs diesels, Université de Rostock, Allemagne, 39 p.
- Sciarini P., et Von Holzen M., 1995. La Suisse face à ses paysans. Genève, collection Europe, Georg Editeurs, 187 p.
- Sourie JC, Tréguer D et Rozakis S, 2005. L'ambivalence des biocarburants, INRA- SCIENCES SOCIALES N° 2 - Décembre 2005
- Station de Recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Rapport de base 2005, 350 p.

Documents consultés sur Internet :

- R.Zah, H. Böni, M. Gauch. Ökobilanz von Energieprodukten, EMPA, Avril 2007, disponible à <http://www.bfe.admin.ch/energie>
- Donges P., Traulsen H., Felderprobung Rapsöl pur, Décembre 2006 à : <http://www.biokraftstoffe.info/cms35>

Sites consultés sur Internet du 01.03.007 au 20.08.07

- Administration fédérale des douanes : <http://www.ezv.admin.ch/index.html?lang=fr>
- Biodrive : www.biodrive.ch
- Observatoire des énergies renouvelables: EUROSERVER: www.energies-renouvelables.org
- Grenetec : www.grenetec.ch
- Institut Français des huiles végétales pures : IFHVP: <http://www.ifhvp.org>
- Institut Français du pétrole IFP: www.ifp.fr
- Institut national de la statistique et des études économiques INSEE : www.insee.fr
- Organisation de la coopération et du développement économique OCDE: <http://www.oecd.org/statsportal>
- Office fédéral de l'agriculture : OFAG: <http://www.blw.admin.ch>
- Office fédéral de l'environnement : OFEN: <http://www.bfe.admin.ch>
- Office fédéral de la statistique : OFS: <http://www.bfs.admin.ch>
- Interprofession des céréales et oléagineux : Swiss granum: [swissgranum.ch](http://www.swissgranum.ch)
- Union Suisse des Paysans USP: www.sbv-usp.ch

Liste des personnes rencontrées ou contactées

En Suisse :

- M. Martin Meyer : Professeur à l'HESA Zollikofen et chercheur sur la problématique concernant les conditions d'utilisation de l'HVP dans les moteurs thermiques. Ses recherches actuelles portent sur la valorisation de l'HVP par des moteurs thermiques stationnaires en cogénération et sur les techniques de diminution des émissions de NOx.
- M. Reto Gautschi : Entrepreneur de travaux agricoles, utilisateur d'HVP, sur tracteurs et ensileuses automotrices, installateur du Kit de bicarburation BILOTEC à Herbetsvill
- M. Roland Merz : entrepreneur de travaux agricoles, utilisateur d'HVP sur moteur équipé de l'injection Common Rail à Cortebert
- M. Peter Ulrich : Producteur d'HVP, 6144 Zell
- M. Knopf, Professeur de biologie, et producteur d'HVP via la société Agrogen à Lyssach
- M. Kurt Marti, transporteur et utilisateur d'HVP pour ses camions, 6144 Zell
- M. Trapp : Responsable de Salve Engineering, Romanel sur Lausanne, vendeur des kit de bicarburation BIODRIVE en Suisse Romande
- M. Von Almen, responsable de l'entreprise BIODRIVE, producteur d'HVP à Suberg et vendeur de Kit de bicarburation Biodrive pour l'Allemagne et la Suisse Alémanique.
- Mme Marion Bracher, chargée des biocarburants de l'Administration Fédérale des Douanes à Bern
- M. Stephan Hatz, chargé du calcul de la ristourne accordée aux agriculteurs à l'Administration Fédérale des Douanes,
- M. Hanni Heinz, Responsable de secteur énergies renouvelables à l'USP
- M. Fleury de l'OFAG, responsable du dispositif d'octroi d'aides financière pour les agriculteurs
- M. Urs Kilchemann de AgroEnergie, agriculteur et promoteur de l'HVP à Zell
- M. Herger de Etoy Energie, producteur de Biodiesel à Etoy

En France :

- M. Luc Liennard du CIRAD
- M. Sylvain Judeaux de la FRCUMA de l'Ouest
- Mr. Luc Meinrad de Trame
- Mr. Eric Perrin de l'IFHVP

Résumé

Depuis quelques années, la flambée du prix du pétrole a favorisé le développement de la production d'huile végétale pure à partir de colza ou de tournesol par des agriculteurs en Allemagne et en France notamment. Les principaux objectifs de cette production étant de renforcer l'autonomie énergétique des exploitations, en utilisant l'huile en tant que carburant dans les moteurs de tracteurs tout en valorisant les tourteaux sous produits de la trituration du colza par les troupeaux. Cette filière ayant un impact positif sur les réductions d'émissions de gaz à effet de serre.

Les agriculteurs Suisses ne se sont pas engagés jusqu'à maintenant dans cette production. L'année 2008 verra l'application de la nouvelle phase de la réforme de la politique agricole, qui sera marquée notamment par une baisse des prix agricoles et la mise en place d'une politique de soutien à la production d'énergie par les agriculteurs. Dans ce cadre, AGRIDEA, le service romand de vulgarisation agricole souhaite connaître les conditions d'utilisation de l'HVP dans les moteurs, et la rentabilité de cette filière pour les agriculteurs suisses.

La première partie de mon travail, basée sur des rencontres et des entretiens avec des experts met en évidence la nécessité de respecter la norme DIN 51605 qui définit un standard de qualité de l'HVP pour un usage carburant. Les modalités relatives à son utilisation dans les moteurs sont présentées en intégrant en particulier le respect des futures normes d'émissions des gaz d'échappement.

La deuxième partie de mon étude basée sur une étude bibliographique permet de replacer l'HVP dans le monde des biocarburants. En intégrant la politique agricole, énergétique Suisse, un diagnostic large est établi sur la production d'HVP et débouche sur une analyse SWOT.

La troisième partie est consacrée à l'étude de la rentabilité de cette filière pour les agriculteurs. Pour ce faire, j'ai rencontré les principaux acteurs de la filière actuelle afin d'analyser le fonctionnement de leur activité. A partir de la typologie des exploitations suisses, et des nombreuses références disponibles en France, concernant les coûts de fonctionnement les ateliers, j'ai montré que cette filière n'était pas rentable économiquement et ceci pour deux raisons principales : le niveau élevé du prix actuel des oléagineux que ce soit sur le marché indigène ou mondial par rapport au prix du pétrole et le prix de revient relativement faible du diesel pour les agriculteurs suisses à l'heure actuelle. En effet ces derniers perçoivent une ristourne de 58 centimes par litre de diesel de la part de l'administration fédérale des douanes. A l'avenir le niveau de cette ristourne devrait diminuer, et dans le même temps, le prix du diesel devrait augmenter relançant ainsi l'intérêt pour l'usage de l'HVP.

Abstract

In a context of limited mineral oil supplies and green house gas reduction policy, some farmers in France and Germany decided a few years ago to produce vegetable oil from rape seed and sunflower, and to use it as bio fuels in their farm machinery diesel engines. This technique reinforces farm energy autonomy and produces animal feed in the form of press cake.

Today Swiss farmers are not following this way, but in 2008, the application of new agricultural policies will drop down the prices of food produces and encourage farmers to produce energy. AGRIDEA, the firm I work for offers services to develop agriculture and rural areas in Switzerland want to clarify the situation about the production of cold pressed vegetable oil and the way to use it in engines. This organization wants to know the profitability of this production in the next years for farmers.

In the first part of my report, I will explain why and how the vegetable oil production must keep within the limits of the standard DIN 51605. Then I will state the right way to use it in diesel engines. It can be mixed with fuel or undiluted in direct injection engines. It can also be used in direct injection (old and new generation), but it requires a parallel alimentation way (kit de bi-carburation) and limits its use to high force work (more than 75%) because the properties of vegetable oil such as viscosity and combustion are different from fuel's characteristics. However, precautions must be taken with the common rail system of injection, and it will be better to use vegetable and mix with fuel with less than 50%.

As far as motor gas emissions, with vegetable oil are concerned, a problem remains with NOx emission: Its value is offended over the standard, but nowadays, some techniques are available to resolve it. These technical are already used by truck-engines constructors.

In the second part of my report, I will estimate the profitability of a vegetable oil production by farmers for the next years. I have to considerate the tax system for bio fuels and the current debate over the energy balance of bio fuels, and the problem with the immense tracts of land they require. That's why cold pressed vegetable oil must remain a local market. I made a few scenarios, but none is profitable because of two reasons:

- the high price of rapeseed for 6 months compared to the price of petrol.

- the current price of diesel for farmers, is not expensive because of a big rebate they receive from the confederation.

But in future, the rebate could be revising and the price of petrol will be more and more expensive, so cold pressed vegetable oil could be more competitive.

Liste des figures et tableaux

- Figure 1 : Schéma des différentes étapes de la production des deux principaux biocarburants actuels ; Source : IFP, page 4
- Figure 2 : Production de biodiesel en milliers de tonnes en Europe Source : euroobserver 2006 page 5
- Figure 3 : variation des prix des principaux oléagineux, source oil world, page5
- Figure 4 Economie de CO2 des différents biocarburants, source pricewaterhouse coopers/IFP, bilan énergétique et gaz à effet de serre des filières de production des biocarburants, page5
- Figure 5 Le rendement énergétique des différents biocarburants page 6
- Figure 6 : Subventions dans l'agriculture source OFS page 9
- Figure 7 : filtration directe page 19
- Figure 8 : filtration discontinue page 19
- Figure 9 : filtre à poche page 19
- Figure 10 et 11 : filtre à plaques page 19
- Figure 12 : filtration police page 20
- Figure 13 : dispositif de bicarburation Bioltec page 23
- Figure 14 : localisation des sites de production d'HVP et de biodiesel page 28
-
- Graphique 1 : vente de biodiesel en milliers de tonnes en 2005, page 13
- Graphique 2 : part de marché du biodiesel par rapport au diesel en 2005, page 13
- Graphique 3 : % d'eau dans l'huile en fonction de l'humidité de la graine
- Graphique 4 : comparaison des prix du colza, du tourteau de colza et du diesel en Suisse et en France page 31
- Tableau 1 : Installations par genre de carburant et quantités produites en 2006
- Tableau 2 : Déroulement du processus législatif en Suisse page 15
- Tableau 3 : Analyse SWOT de la filière HVP page 16
- Tableau 4 : récapitulatif des producteurs d'HVP Suisses, page 29
- Tableau 5 : Evolution du prix du diesel en Suisse entre 2004 et 2006 page31
- Tableau 6: Typologie des exploitations de plaine produisant du colza et possédant un troupeau laitier, page 32
- Tableau 7 Montant des investissements, page 34
- Tableau 8 : Variation du coût du pressage par quintal de colza selon la quantité pressée, page 34
- Tableau 9 : prix de revient de l'huile en fonction des quantités pressées, page 35
- Tableau 10 : prix de revient de l'huile à partir de colza importé, page 35
- Tableau 11 : Prix de revient de l'huile en fonction des trois scénarii, page 36

Liste des annexes

- Annexe1* : Présentation de la norme DIN 51605, source université technique de Munich p 47
- Annexe2* : Caractéristiques des presses dites à barreaux et des presses dites à vis, p 47
- Annexe3*: Résultats du projet « Programme des 100 tracteurs »Auteur : Egon Hassel, Volker Wichmann, Université de Rostock (D), p 50
- Annexe4* : Propriétés physico-chimiques de l'huile (JOYE. P, 2004), p 56
- Annexe5* : Les normes TIER applicables aux véhicules diesels non routiers et les moyens de réduire les émissions d'oxyde d'azote (NOx), p 63
- Annexe 6* : Les solutions techniques pour réduire les émissions de NOx, p 66
- Annexe 7* : Comparaison entre un tourteau industriel de colza et un tourteau fermier de colza (gras), p 68
- Annexe 8* : Description des deux voies de production, les plus prometteuses pour les biocarburants de deuxième génération p 68
- Annexe 9* : Consommation d'énergie en Suisse en 2006, Office fédéral de l'énergie, p 69
- Annexe10* : Quantités de carburants consommées en Suisse consommation finale des carburants en Suisse en 2005 et 2006, p 70
- Annexe11* : Evolution de la consommation finale des carburants en Suisse OFS
Source : OFEN
- Annexe 12* : Formulaire pour bénéficier du statut : installation pilote, p 72
- Annexe 13* : Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2006-2016, p 74

ANNEXES

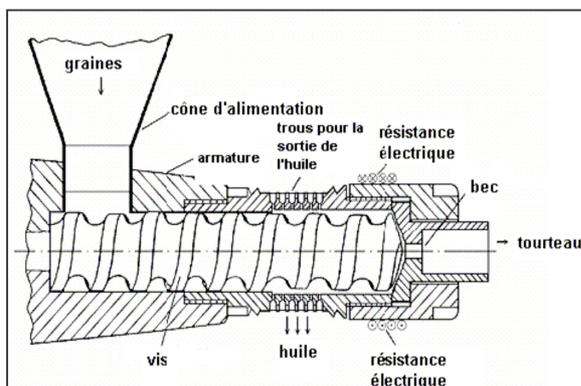
Annexe 1 : Présentation de la norme DIN 51605, source université technique de Munich

| DIN 51605 | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|
| Critères | Unités | min. | maxi. |
| aspect visuel | - | | |
| Densité à 15°C | kg/m ³ | 900 | 930 |
| Point d'éclair | °C | 220 | |
| Viscosité cinématique à 40°C | mm ² /s | | 36 |
| Pouvoir calorifique | KJ/Kg | 36000 | |
| indice de cétane | - | 39 | |
| résidu de carbone | % | | 0,4 |
| Teneur en iode | g/100g | 95 | 125 |
| Teneur en soufre | mg/kg | | 10 |
| Sédiment | mg/kg | | 24 |
| Acidité | mg KOH/g | | 2 |
| Stabilité à l'oxydation | h | 6 | |
| Teneur en Phosphore | mg/kg | | 12 |
| Magnésium + calcium | mg/kg | | 20 |
| Cendres | % | | 0,01 |
| Teneur en eau | % | | 0,075 |

Annexe 2 : caractéristiques des presses dites à barreaux et des presses dites à vis

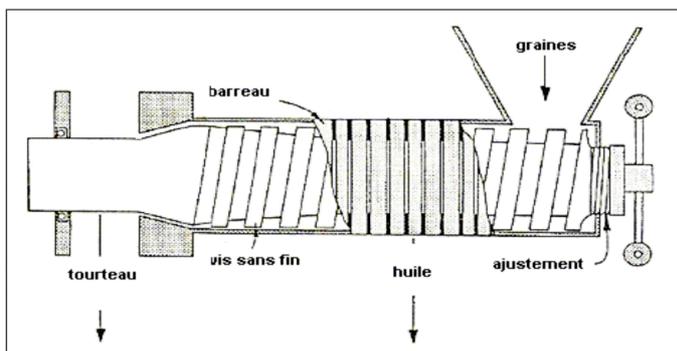
Les presses à vis ou à tube perforé

Les presses dites « à tubes perforés » (cf figure 1) sont de faibles capacités (inférieure à 100 kg/h). L'extraction de l'huile se fait par compression des graines dans la chambre de la presse de façon croissante en direction du nez de presse. L'évacuation est permise par des orifices sur la section terminale du cylindre. Le tourteau quant à lui, est évacué en bouchon en sortie de presse. Ce type de presse dispose d'un système de chauffage utilisé au démarrage, facilitant ainsi l'évacuation du tourteau et limitant les risques de bourrage. Ensuite, la température est maintenue par le fonctionnement de la presse entre 60 et 80°C (JOYE, 2005)



Les presses à barreaux

Les presses dites en « en cage d'écureuil » (cf figure 2) disposent d'une vis dont le diamètre de l'axe augmente. Les graines sont donc écrasées entre la vis et le cylindre de la presse. L'huile s'évacue par les intervalles entre les anneaux circulaires, le tourteau s'évacue en forme de chips en bout de presse. Ces presses ont une capacité de trituration de 15 à 5000 kg de graines par heure. Le taux d'extraction en huile est généralement plus élevé avec ce type de presse, ce qui permet d'obtenir des tourteaux moins gras en sortie de presse. (JOYE, 2004)



Le tableau n°5 présenté ci-dessous est un comparatif des deux grands types de presse sur leurs performances et leur aptitude à produire une huile de qualité.

| | Presses à tube perforé | Presses à barreaux |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| Capacité | Faible (maxi : 110 kg/h) | Industrielle (jusqu'à 3000 kg/h) |
| Température | +/-50 à 90°C | +/-35 à 90°C |
| Phospholipides | Peu si température extraction froide | Peu si température extraction froide |
| Cires | Peu | Peut faire plus que presse à tube |
| Extraction | Faible (29-34%) | Meilleure (35-39%) |
| MG résiduelle du tourteau | 15-25% | 9-13% |
| Conservation du tourteau | Peu (2 mois maxi) | Bonne (6-8 mois) |
| Valorisation tourteau | Difficile à équilibrer, voire inadapté en nutrition animale | Facile à équilibrer |
| Coût entretien | Elevé | Faible |

Tableau - Comparatif des presses à tube perforé et presses à barreaux (BORNICHE 2006, www.oliomobile.fr)

Différents types de presses proposées par les constructeurs (tarifs 2005)

Presses à vis

| entreprise | modèle | capacité (kg/h) | poids (kg) | puissance (kw) | prix HT (€) |
|--------------------|---------------|-----------------|------------|----------------|-------------|
| Täby | 20 | 3 - 4 | | | 1 450 |
| IBG Monforts KOMET | CA 59 G | 5 - 8 | 80 | 1 | 2 965 |
| Täby | 40 A | 8 - 18 | 45 | 1,1 | 3 280 |
| Heizomat | Heizopress S1 | 10 | | 0,55 - 0,75 | 3 520 |
| Famet | UNO | 12 | | 1,1 | 2 916 |
| IBG Monforts KOMET | D 85 1 G | 10 - 25 | 210 | 3 | 6 900 |
| Famet | DUO | 25 | | 2,2 | 4 366 |
| Anton Fries | P 500 R | 19 - 30 | 70 | 1,5 | 5 500 |
| IBG Monforts KOMET | DD 85 G | 20 - 50 | 240 | 3 | 9 970 |
| Täby | 55 | 24 - 40 | 63 | 1,5 | 6 100 |
| Swea | Double screw | 30 | | 1,5 | 4 650 |
| De Smet Rosedowns | mini 40 | 40 | 200 | 4 | 11 640 |
| Täby | 70 | 45 - 65 | 95 | 2,2 | 9 150 |
| IBG Monforts KOMET | S 120 F | 70 - 100 | 440 | 7,5 | 20 200 |
| Täby | 90 | 80 - 110 | 160 | 4 | 12 960 |

Autres types de presse

| entreprise | modèle | capacité (kg/h) | poids (kg) | puissance (kw) | prix HT (€) |
|--------------|---------|-----------------|------------|----------------|-------------|
| Karl Strähle | SK 60/1 | 12 - 15 | 135 | 1,5 - 2,2 | 3 450 |
| Heizomat | S 3 | 20 | | 0,6 | |
| Karl Strähle | SK 60/2 | 24 - 30 | 194 | 1,5 - 2,2 | 5 850 |
| Bauss | | 70 | | 5,5 | |
| Heizomat | S 6 | 120 | | 3,3 | |
| Famet | L 200 | 180 | | | |
| Famet | S 1 000 | 800 | | | |
| Famet | S 2 000 | 1 800 | | | |

Presses à barreaux (capacités < 400 kg/h)

| entreprise | modèle | capacité (kg/h) | poids (kg) | puissance (kw) | prix HT (€) |
|----------------------|-------------|-----------------|------------|----------------|-------------|
| KEK | P 0015 | 15 - 30 | 165 | 2,2 | 5 070 |
| Reinartz | AP 08 | 30 - 40 | 400 | 4 | 10 700 |
| La Mécanique Moderne | Oléane | 50 | 90 | 2,2 | 4 500 |
| ABC Hansen | 80 | 80 | | | 7 300 |
| Reinartz | AP 10/6 | 70 - 100 | 900 | 7,5 | 17 500 |
| La Mécanique Moderne | MBUL 20-10 | 100 | 600 | 7,5 | 16 100 |
| Frandsen Ecotec | 40 -1 | 100 | | | 13 400 |
| KEK | P 0101 | 100 | 1 000 | 7,5 | 16 500 |
| De Smet Rosedowns | mini 100 | 100 - 110 | | 7,5 | 19 700 |
| Karl Strähle | SK 130/3 | 130 | 750 | 7,5 | 20 500 |
| Reinartz | AP 12 | 160 - 200 | 2 000 | 15 | 31 200 |
| IBG Monforts KOMET | F 200 | 180 - 200 | 750 | 11 - 15 | 26 500 |
| La mécanique Moderne | MBU 50 | 150 - 200 | | 15 | 43 150 |
| De Smet Rosedowns | mini 200 | 200 | | 15 - 22 | 26 800 |
| Reinartz | AP 14/22 | 250 - 300 | | 22 | 43 400 |
| ABC Hansen | 300 | 300 | | 18 | 38 600 |
| Karl Strähle | SK 190/1 | 300 | 4 500 | 22 | 41 900 |
| La Mécanique Moderne | MBU 75 - 25 | 300 | | 18,5 | 54 900 |
| KEK | P 0350 | 350 - 400 | 4 200 | 22 | 61 000 |

Annexe 3 : Résultats du projet « Programme des 100 tracteurs »

Document diffusé lors de la présentation des résultats finaux du « Programme des 100 tracteurs » dans le cadre d'Agritechnica 2005 à Hanovre.

Auteur : Egon Hassel, Volker Wichmann, Université de Rostock (D)

Traduction : Sylvain Boéchat, SRVA, Lausanne, (CH)

1. Introduction

Le projet de recherche intitulé « Programme des 100 tracteurs » a été initié par le Ministère allemand de la protection des consommateurs, de l'alimentation et de l'agriculture (BMVEL) en août 2000 et dirigé par l'Agence spécialisée pour les énergies renouvelables (FNR). D'un point de vue scientifique, l'université de Rostock a accompagné ce projet d'avril 2001 à octobre 2005.

En effectuant en moyenne 800 heures par année 100 tracteurs devaient démontrer s'il était possible de remplacer le gasoil (diesel) par de l'huile de colza pure et de vérifier les conséquences techniques, économiques et écologiques d'un tel carburant

2. Déroulement du projet

Entre avril 2001 et octobre 2002, 111 tracteurs ont subi des modifications techniques afin qu'ils puissent carburer à l'huile végétale pure. Pour ce faire 7 ateliers différents ont participé à ce projet en apportant les systèmes de modifications qu'ils ont eux-mêmes développés. Les firmes VWP et Hausmann ont apporté des modifications sur 82% des tracteurs. L'atelier TC Bastorf a abandonné le projet pour cause de difficultés techniques. Ainsi, ce sont 107 tracteurs qui ont servi de référence pour la réalisation de ce projet.

Le tableau ci-dessous la liste et la répartition par ateliers (ou firmes) ayant apporté leurs concepts de modification.

Après modification, chaque tracteur a été utilisé « en condition normale et adaptée à ses capacités » en carburant à l'huile de colza pure répondant aux critères de qualité RK

Sur la totalité du projet, chaque tracteur a effectué une moyenne de 2'257 heures de travail. Au cours du projet, les collaborateurs de l'université de Rostock se sont chargés d'étudier :

- Les concepts de modification
- La performance (puissance) des tracteurs
- Les émissions de gaz
- Les dérangements et les pannes survenus
- La qualité de l'huile de colza
- La qualité de l'huile moteur

| Atelier/Firme | Type de tracteur | Nbre de tracteurs modifiés | Nbre de tracteurs sans, voir peu d'incidents techniques |
|---------------|------------------|----------------------------|---|
| VWP | Deutz-Fahr | 41 | 32 |
| | John Deere | 7 | 0 |
| | Fendt | 6 | 6 |
| | Welte | 1 | 1 |
| | New Holland | 1 | 0 |
| Hausmann | Fendt | 18 | 18 |
| | John Deere | 6 | 0 |
| | Case | 4 | 1 |

| | | | |
|------------|-------------|----|---|
| | Deutz-Fahr | 1 | 0 |
| | Claas | 1 | 1 |
| | Same | 1 | 0 |
| | Lamborghini | 1 | 1 |
| Gruber KG | Case | 10 | 2 |
| Igl-LT. | Case | 1 | 0 |
| LBAG Lüc. | Fendt | 4 | 1 |
| | New Holland | 1 | 0 |
| Stangl-LT | John Deere | 2 | 0 |
| TC Bastorf | Case | 1 | 0 |

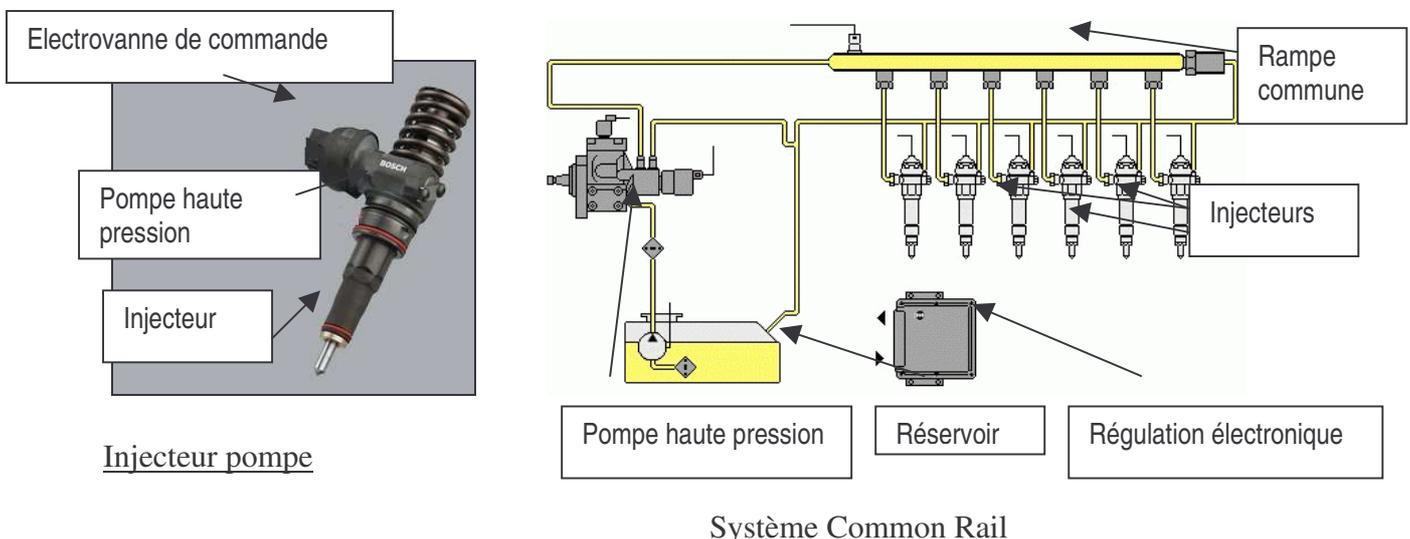
Les tests se sont terminés au plus tard en septembre 2005. A la fin du projet, 92 tracteurs vont continuer à carburer à l'huile de colza.

3. Les Concepts de modifications

Les modifications apportées aux moteurs se composaient de plusieurs interventions concernant par exemple :

- Le préchauffage du bloc-moteur
- Agrandissement du diamètre des conduites à basse pression du carburant (pompe à injection ?)
- Renforcement des pompes à basse pression
- Agrandissement des filtres à carburant
- Préchauffage de l'huile
- Régulation de la température de l'huile avant la pompe à haute pression
- Adaptation des pompes à injection à haute pression à l'huile de colza
- Injecteurs avec plus de trous (>5)
- Modification de la géométrie des injecteurs
- Optimisation de la combustion

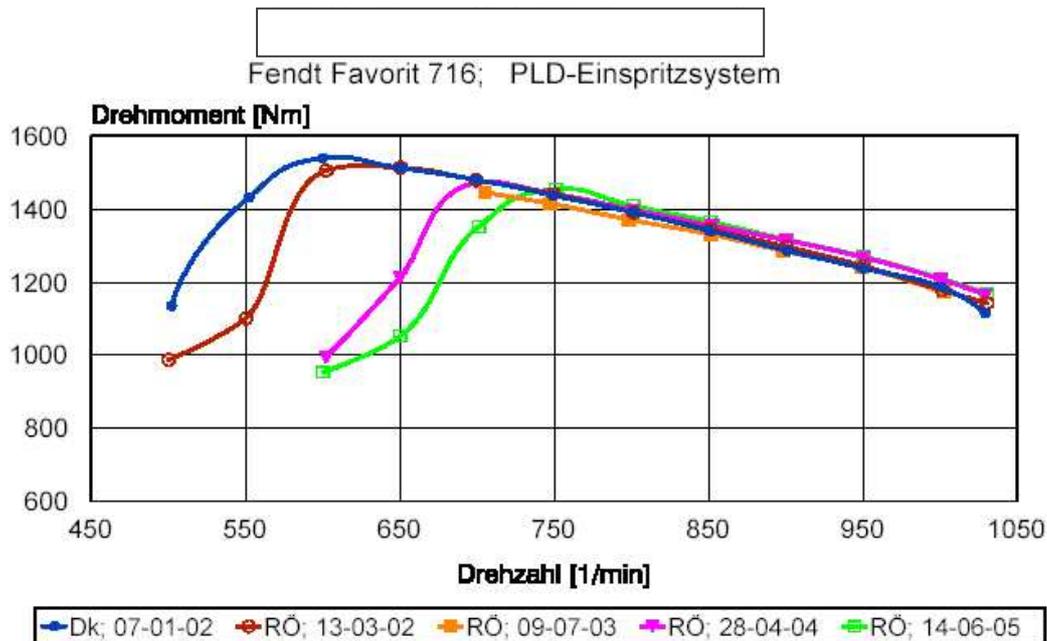
La majorité des 107 tracteurs ayant subi les modifications ont bénéficié d'un concept à un réservoir (système à un seul carburant). Seuls 11 tracteurs CASE ont été équipés par les firmes IGL-Landtechnik et Gruber, d'un concept à deux réservoirs (système à deux carburants). 11 Tracteurs Case d'un système à deux réservoirs (un premier pour le l'huile et l'autre pour le diesel) développé par les firmes IGL-Landtechnik et Gruber.



4. Puissance

Comparé aux moteurs Diesel, les tracteurs modifiés atteignent jusqu'à 90% à 106% de la puissance nominale mesurée à la prise de force. Les problèmes de puissance sont généralement survenus suite à des dérangements principalement liés à la pompe à injection. Le tableau ci-dessous représente les courbes de puissance mesurée sur un tracteur n'ayant subi aucun dérangement tout au long de la durée du projet.

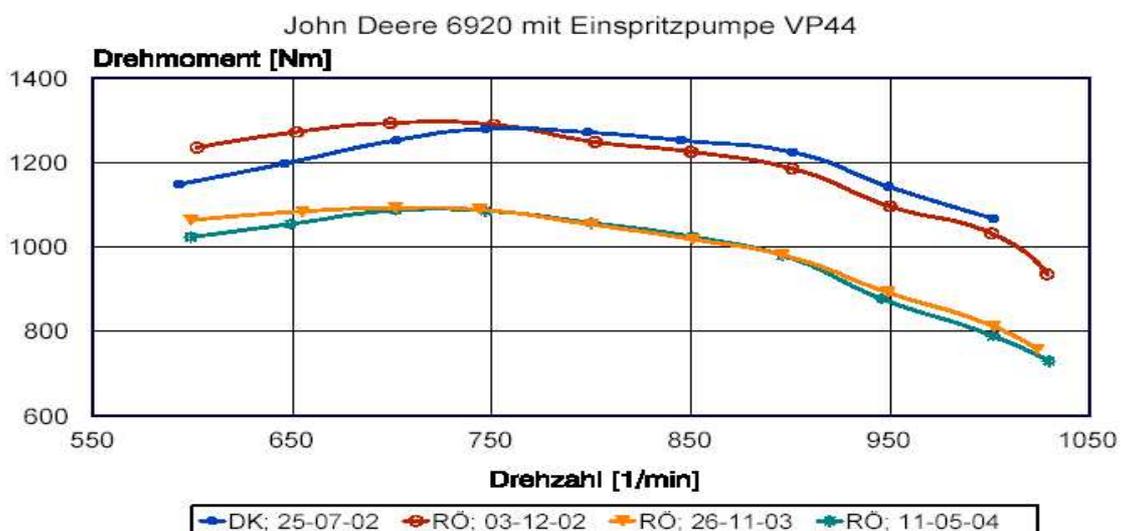
Tableau 1: Comportement du Couple moteur d'un tracteur (Fendt Favorit 716, injection à haute pression, pompe conduite injecteur) carburant à l'HVP et n'ayant subi aucune panne



Drehmoment : Couple moteur; Drehzahl : tours/minute RÖ : HVP (colza)

Le tableau suivant indique la baisse de puissance d'un tracteur avec des dérangements sur la pompe à injection (de type VP 44).

Tableau 2 Comportement du Couple moteur d'un tracteur (John Deere 6920, avec pompe à injection de type VP 44)



Drehmoment : Couple moteur; Drehzahl : tours/minute RÖ : HVP (colza)

Les tracteurs Deutz-Fahr, modifiés par l'atelier VWP ont montré quelques problèmes de puissance entre 2001 et 2002, qui ont pu être résolus suite à quelques modifications du système. Ces tracteurs se sont rapprochés de leur puissance nominale dès 2003.

5. Emissions de gaz

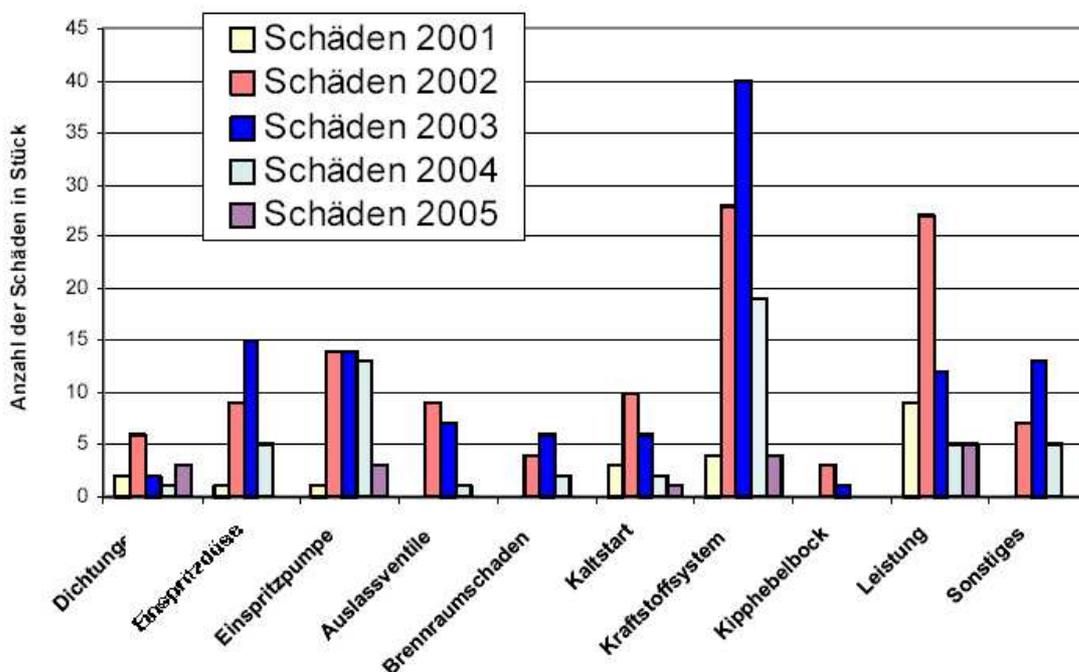
Le niveau des émissions de gaz des tracteurs fonctionnant à l'huile de colza est aussi soumis aux réglementations européennes en la matière (Euro I ou Euro II). Suite aux modifications, les émissions étaient plus mauvaises que lorsque les tracteurs fonctionnaient au diesel, particulièrement pour le Nox. Des modifications ont permis de réduire ce problème. Dans les mesures réalisées annuellement, seuls 10% des tracteurs du projet montraient un taux d'émission insatisfaisant. Les émissions de Monoxyde de carbone se situent dans un même ordre de grandeur que celles des moteurs diesel.

6. Pannes et dérangements

Seuls 63 des 107 tracteurs du projet n'ont subi aucune panne ou des dérangements inférieurs à 1000€. Ces tracteurs continuent de fonctionner à l'huile de colza, bien que le projet soit terminé. 44 tracteurs ont quant à eux subi des dommages lourds en frais de réparation. Dans ce groupe 29 vont continuer de carburer à l'HVP et 15 reviendront au moteur diesel. Aucun des 7 concepts de modifications n'a réussi à faire fonctionner les moteurs des différents types de tracteurs et séries sans aucun dérangement.

La fréquence des problèmes de fonctionnement a diminué au cours du projet, la répartition des principales pannes survenues au entre 2001 et 2005 est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Répartition des pannes les plus fréquentes (nombre de cas par année)



Schäden. Dommages, dégâts

Axe horizontale de gauche à droite:

Densité/ Injecteurs/ Pompe à injections/ Soupape d'évacuation/ Chambre de combustion/ Démarrage à froid/ Système carburant/ Kipphebelbock/ Puissance/ Autres

La Firme VWP (16 tracteurs sans aucune panne) et la Firme Hausmann (13 tracteurs sans panne) ont la part la plus élevée de tracteurs n'ayant subi aucun dérangement.

Il est important de noter que les dérangements subis par les tracteurs fonctionnant à l'huile de colza dépendent dans un premier temps de leur origine (type, modèle) et seulement dans un deuxième temps du système de modifications !

Les tracteurs Fendt des séries 4xx et 7xx modifiés par la firme VWP et la maison Hausmann ont fait preuve d'une très bonne adaptation et n'ont quasiment pas eu de problèmes. Le moteur Deutz de type 1013 monté sur les tracteurs Deutz-Fahr a également montré un bon comportement en deuxième partie de projet (à savoir une fois que les problèmes de puissance ont été réglés)

Les moteurs équipés du système d'injection à haute pression du type injecteur pompe ont fait preuve d'une très bonne adaptation à la carburation à l'huile de colza.

L'expérience a été moins satisfaisante, pour les pompes à injections situées latéralement sur le moteur (à savoir les pompes du type VP44 de Bosch ; pompes rotative à piston à radial). En effet aucun des sept ateliers n'a réussi à apporter des modifications à ce type de pompe afin d'obtenir une utilisation durable du moteur en carburation à l'huile de colza.

Par contre, la pompe à injection en ligne de Bosch (modèle classique) a fait ses preuves et a régulièrement été utilisée en remplacement de la VP44.

L'encrassement des filtres à carburant a souvent été constaté. Ce problème ne provenait pas des modifications effectuées mais était dû à une huile de mauvaise qualité qui ne correspondait pas aux standards requis.

Concernant le système Common-Rail et son adaptation à l'huile de colza, aucune conclusion fiable n'a pu être établie du fait que ce système n'était pas encore disponible en 2001 et 2002. On peut cependant supposer que ce système fournisse la pression nécessaire à une injection optimale de l'huile de colza. D'éventuels problèmes relatifs à la commande des injecteurs pourraient survenir du fait que la « partie hydrodynamique dépend fortement de la viscosité »

7. Usures et dépôts

L'usure des pièces du moteur d'un certain nombre de tracteurs ayant effectués plus de 3000 heures au cours du projet sans avoir rencontré de problèmes techniques majeurs, a été analysée. Aucune pièce (cylindre, culasse, piston, etc.) n'a présenté de traces d'usure particulière. Même constat sur quelques pompes à injections à haute pression (pompe-conduite-injecteur) qui ont été analysés.

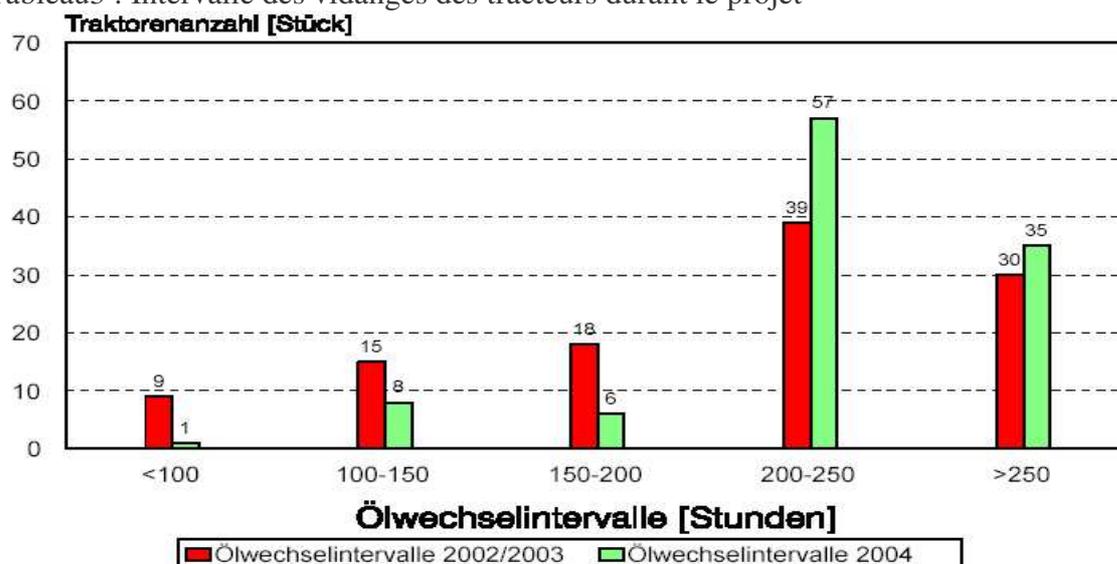
8. Qualité de l'huile de graissage (huile moteur)

Pour l'évaluation de qualité de l'huile moteur, les paramètres tels que la viscosité, la teneur en suie, la valeur TBN (?) et la teneur en carburant de l'huile (Rapsölkraftstoffgehalt). Les intervalles des vidanges ont été établis sur la base de ces analyses qui ont été réalisées toutes les 50 à 80 heures de travail. Une concentration élevée d'huile de colza a été constatée sur tous les moteurs des différents concepts de modifications. Fort de ce constat, la fréquence de vidanges a été raccourcie de moitiés, voir du tiers.

Pour 75% des tracteurs, la vidange de l'huile moteur s'effectuait environ toutes les 200 heures. En début de projet, 6 tracteurs ont subi une augmentation soudaine de la viscosité indiquant un début de polymérisation de l'huile moteur (épaississement) dus à des problèmes de joints, de « surcharge » thermique ou de fréquences de vidange pas assez régulière.

Une analyse régulière de l'huile permet d'identifier sa qualité et de prévenir de dégâts importants au moteur.

Tableau3 : Intervalle des vidanges des tracteurs durant le projet



axe vertical :Nbre de tracteurs

axe horizontal : Intervalle des vidanges (en heures), rouge : entre 2002 et 2003/vert : en 2004

9. Qualité de l'huile de colza

Le fait de disposer d'une huile répondant à des critères de qualité clairement définis constitue une condition essentielle au bon fonctionnement du moteur. Le standard de qualité « RK-Qualitätsstandard 05/2000 » a servi de référence dans le cadre du projet. Plus de la moitié des échantillons d'huile de colza analysés au cours du projet ne répondaient pas à ces critères (cf. tableau 4 ci-dessous). Les principales raisons concernaient : des conditions de pressage inadaptées, une purification insuffisante, une filtration insuffisante voir inexistante, des réservoirs de stockage impropres, une mauvaise qualité de graines ou de stockage de celles-ci. La qualité de l'huile doit être améliorée de manière significative dans le but de correspondre aux futures normes.

La mise en place d'un système de management de la qualité est essentielle pour commercialiser de l'huile de colza en tant que carburant.

Tableau 4 : Qualité de l'huile de colza pour les tracteurs entre 2001 et 2005



Axe vertical : nombre de d'échantillons

En bleu : nombre total d'échantillons prélevés/ en rouge : nombre d'échantillons ne répondant pas au standard de qualité RK-2005

10. Résumé

Durant 3 années, 107 tracteurs modifiés pour fonctionner à l'huile de colza pure ont été testés. En fonction du type de tracteur et de la technologie de leurs moteurs différents concepts de modification et mesures d'accommodation aux systèmes d'injections et à la combustion ont été développés. Les possibilités d'adaptation d'un moteur à la carburation à l'huile de colza, dépendent très fortement de sa conception et de sa construction. Les moteurs équipés du système d'injection « Injecteur pompe » à haute pression s'adaptent bien aux modifications et subissent peu de problèmes de fonctionnement. Pour les moteurs équipés de système d'injection à pompe rotative les efforts consentis pour adapter le système ont été plus élevés et ce type de pompes ont fréquemment subi des dommages.

63 des 107 tracteurs ont terminé le projet sans aucun (voire de faibles) dérangement. Plus de 40% des tracteurs (soit 44 unités) ont subi des dommages impliquant des coûts de réparation élevés. Les principaux problèmes concernaient : le démarrage à froid, les soupapes d'échappement, des défauts des pompes à injection et les chambres à combustion. Pour des raisons techniques 15 tracteurs dus être réadaptés à la carburation au diesel.

La majorité des tracteurs ont atteint une puissance équivalente à plus de 90% de la valeur nominale des moteurs diesel.

Les émissions de CO et de NOx mesurées sont relativement similaires à celles des moteurs diesel.

Une haute teneur en huile de colza dans l'huile moteur a été constatée dans sur tous les concepts de modification, ce qui a induit une augmentation du rythme des vidanges.

2 concepts de modification se sont particulièrement bien adaptés à certains types de tracteurs et ont conduit à des résultats très satisfaisants. Il faut cependant relever qu'aucun des 7 ateliers n'a pu adapter son concept avec succès sur tous les tracteurs qu'il s'était engagé à modifier.

Au cours du projet, de grandes difficultés liées à la qualité de l'huile ont été mises en évidence et ont démontré l'importance et la nécessité de la mise sur pied de mesures concernant l'assurance qualité pour la fabrication de l'huile. Le développement de la technologie de l'huile de colza utilisée en carburant ne pourra être garanti que lorsque la qualité de l'huile sera irréprochable.

L'entrée en vigueur de la norme DIN 51605 en juin 2005 a également constitué un tournant du projet.

Annexe4 :Propriétés physico-chimiques de l'huile (JOYE. P, 2004)

Les huiles sont essentiellement composées de triglycérides (jusqu'à 95%), dont la structure chimique comporte du glycérol lié par trois acides gras via une liaison ester. Le reste est composé d'acides gras libres, de savons, de phosphates, stérols, cires et impuretés diverses, de matière volatiles et d'eau qui peuvent influencer les caractéristiques gustatives (odeur, couleur) ou de conservation de l'huile.

Cependant, c'est sa composition en acides gras qui lui confère ses qualités nutritionnelles, ses particularités et sa texture. Ainsi les huiles végétales peuvent se diviser en 4 groupes en fonction des acides gras majoritairement constitutifs :

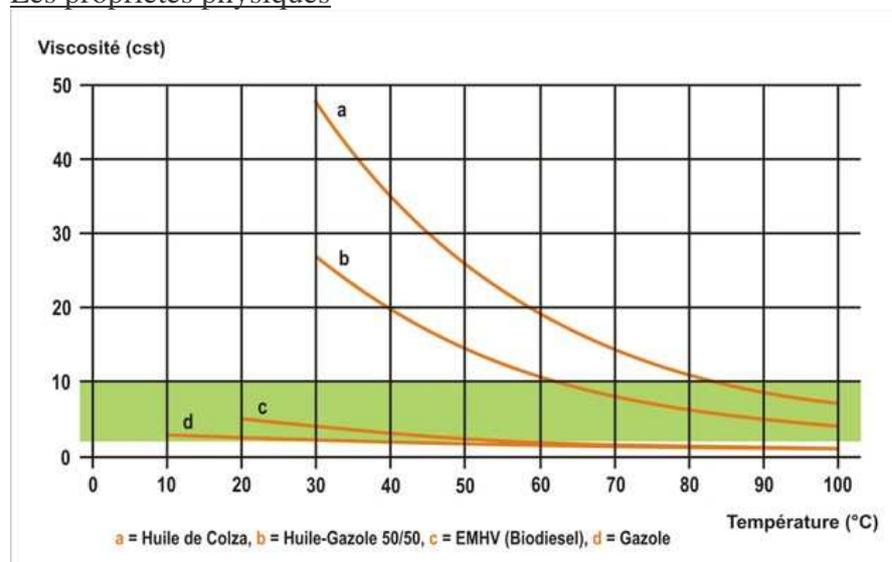
- Les huiles dites saturées dont les acides gras n'ont pas de double liaison dans leur chaîne carbonée. C'est la teneur et la position des acides gras qui détermine la texture de l'huile. Plus une huile sera riche en acides gras saturés, plus elle aura un aspect solide aux températures normales (beurre, saindoux,...). Ex : huile de coprah, palme, ...
- Les huiles mono insaturées (dites semi siccatives) dont les acides gras présentent une double liaison dans leur chaîne carbonée. L'acide gras mono insaturé le plus courant est l'acide oléique. Ex : huile d'olive, d'arachide, colza, pourghère,...
- Les huiles di-insaturées (dites semi siccatives). L'acide gras di-saturé le plus courant est l'acide linoléique. Ex : huile de tournesol, coton, soja, pépins de raisin,...
- Enfin les huiles tri-saturées (dites siccatives). Les acides gras correspondants sont l'acide linoléiques et éléostarique. Ex : huile de lin

| | Densité (20°C) | Viscosité à 20°C (cSt) | Point de fusion (°C) | Point de trouble (°C) | Point éclair (°C) | PCI MJ/kg (kcal/kg) |
|-----------|----------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Arachide | 0,914 | 85 | 0/-3 | 9 | 258 | 39,33 (9410) |
| Colza | 0,916 | 77 | 0/-2 | -11 | 320 | 37,40 (8956) |
| Coprah | 0,915 | 30-37 | 23/26 | 20-28 | | 37,10 (8875) |
| Coton | 0,921 | 73 | 2/-2 | -1 | 243 | 36,78 (8800) |
| Olive | 0,914 | 80-95 | 0/-3 | | | |
| Palme | 0,915 | 95-106 | 23/50 | 31 | 280 | 36,92 (8834) |
| Purghère | 0,920 | 55 | | | 260 | 38,85 (9295) |
| Soja | 0,920 | 58-63 | -20/-23 | -4 | 330 | 37,30 (8925) |
| Tournesol | 0,925 | 55-61 | -16/-18 | -5 | 316 | 37,75 (9032) |

Tableau – Caractéristiques physiques de quelques huiles végétales (Vaitilingom, 1992)

L'HVP a des propriétés physico-chimiques différentes de celles du carburant diesel d'origine pétrolière. Ces particularités sont donc à connaître afin de prendre les précautions nécessaires en vue de l'utilisation de l'HVP comme carburant dans les moteurs.

Les propriétés physiques



• Viscosité

La viscosité peut être définie comme une résistance à l'écoulement ou à la déformation. Elle s'exprime en centistokes (cst) ou mm²/s. La viscosité des acides gras et des triglycérides est liée à leur structure, et en particulier à la longueur des chaînes ainsi qu'à leur degré d'insaturation :

- l'augmentation du poids moléculaire entraîne une augmentation de la viscosité ;

- l'augmentation de l'insaturation entraîne, à longueur de chaîne constante, une diminution de la viscosité.

La viscosité des huiles végétales est fonction de la nature des graines et est en général nettement plus élevée que la viscosité du diesel (entre 71 et 72 cts pour l'huile contre 4,5 pour le gazole à température ambiante). Cette viscosité élevée peut poser problème pour l'alimentation des moteurs en carburant (pression à la pompe à injection, diamètre des durites trop petit) et à l'injection (taille des gouttelettes trop grosse, à l'origine d'une mauvaise combustion et donc d'imbrûlés).

Cependant, la viscosité de l'HVP est fortement dépendante de la température. Pour palier le problème de la viscosité de l'HVP, une des solutions est donc de la chauffer à environ 70-80°C pour obtenir une viscosité similaire à celle du gazole.

La viscosité des acides gras et des triglycérides est liée à leur structure, plus particulièrement à la longueur de leur chaîne et à leur degré d'insaturation. Les triglycérides sont plus visqueux que les acides qui les composent.

• Masse volumique

La masse volumique est définie comme le poids contenu dans un volume déterminé (un litre en général) dans des conditions déterminées. Ainsi, pour les carburants classiques, la température de mesure est fixée à 15°C du fait de la volatilité. La masse volumique varie peu entre les différentes huiles végétales mais elle est supérieure de 10% à celle des fuels et gazoles. Cependant, la nature lipidique de l'HVP et du pétrole trouve un intérêt dans l'utilisation de l'HVP en mélange, qui est parfaitement homogène.

• Indice d'iode

C'est le nombre de grammes d'iode fixé par 100g de corps gras. L'iode se fixe au niveau des doubles liaisons. Il définit d'une certaine manière le poids moyen de l'huile et l'insaturation.

L'insaturation joue un grand rôle dans le comportement des huiles à la combustion et au stockage :

- plus une huile est insaturée (indice élevé), plus sa combustion est difficile (VAITILINGOM, 1992)
- plus l'huile est saturée, plus l'indice d'iode est faible, plus elle résiste à l'oxydation, plus elle est visqueuse à température ambiante, plus son point de fusion est élevé, ainsi que son point de trouble

• Point éclair

On appelle point éclair la température à laquelle se produit, en présence d'une flamme, l'inflammation nette des vapeurs d'un combustible que l'on chauffe graduellement dans des conditions déterminées.

Ne pas confondre avec le point de feu qui est la température à laquelle l'huile chauffée au contact de l'air prend feu et brûle au moins pendant 5 secondes. (VAITILINGOM, 1992)

Les produits peuvent être classés en fonction de leur point-éclair :

- < 0°C : extrêmement inflammables
- de 0°C à 21°C : facilement inflammables
- de 21°C à 55 °C : inflammables

Dans le cas de l'huile, le point éclair (PE) est beaucoup plus élevé que le gazole. Ce qui constitue un avantage en terme de stockage et de manipulation du produit. En revanche, cela est un inconvénient pour la combustion qui est rendue plus difficile puisque la température nécessaire à la combustion est d'environ 275°C (environ 75°C pour le fioul).

Pouvoir calorifique Inférieur

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) se définit comme la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible. Cette valeur permet de comparer différents produits de nature différente et permet de convertir l'ensemble des carburants sous forme de tep (tonne équivalent pétrole). Le pouvoir calorifique des différentes huiles végétales sont proches les unes des autres mais inférieures d'environ 10% au PCI du carburant diesel.

Cependant, en raison de la légère différence de densité, le PCI des huiles végétales exprimé par unité de volume se rapproche de celui du diesel. C'est-à-dire qu'en termes énergétiques, un litre d'HVP permettra le même travail qu'un litre de fioul agricole.

• Indice de cétane

L'IC est l'un des principaux critères d'appréciation du carburant diesel. Il caractérise le délai d'allumage du carburant au moment de son injection dans la chambre de combustion. Un indice de cétane élevé traduit un délai d'allumage court, cela facilite le démarrage à froid et réduit le bruit.

L'indice de cétane (IC) traduit l'aptitude d'un combustible pour moteur diesel à s'enflammer. Cette caractéristique est particulièrement importante pour le diesel (ou les biocarburants équivalents) où le carburant doit "s'auto-enflammer" sous l'effet de la compression de l'air enfermé dans le cylindre.

Le zéro de l'échelle de cet indice est donné par la valeur du méthylnaphtalène qui a une forte résistance à l'inflammation et la valeur 100 est donnée par le cétane qui s'enflamme très facilement.

Un indice IC trop bas provoque des difficultés de démarrage à froid et une augmentation du niveau de bruit. Par contre, un indice trop élevé (> 60) réduit le bruit du moteur mais présente un mauvais rendement thermodynamique.

Aucune méthode d'analyse satisfaisante n'existe actuellement pour pouvoir déterminer correctement l'indice de cétane des produits forts visqueux comme l'huile végétale car la méthode standardisée a été mise au point pour le carburant diesel. Si ce paramètre est déterminé avec les méthodes classiques, les résultats seront inférieurs aux valeurs disponibles pour le diesel (entre 38 et 42 pour l'HVP, entre 40 et 49 pour le fioul agricole).

Il serait donc nécessaire de mettre au point une méthode d'analyse adaptée permettant de mesurer précisément l'IC des HVP.

L'indice de cétane de chaque huile est lié au pourcentage d'acides gras saturés de celle-ci. Plus ce pourcentage est élevé et plus l'indice de cétane augmente (VAITILINGOM, 1992).

• Contamination ou impuretés

D'une façon générale, on entend par impuretés obtenues à l'aide d'un solvant volatil, l'ensemble des substances non dissoutes dans ce solvant dans les conditions de l'expérience, et qui n'ont pas été dosées dans la détermination de la teneur en eau. (VAITILINGOM, 1992).

Ce paramètre est un des plus importants pour une utilisation carburant de l'huile. Cette mesure permet en effet de déterminer la pureté de l'huile ainsi que l'efficacité du processus de filtration de l'unité de production. Une contamination trop importante conduira à un colmatage prématuré des filtres des véhicules, à un encrassement du circuit de carburant et peut avoir un effet abrasif sur certains organes sensibles (pompe, injecteurs). Les résultats d'analyse faite sur de l'huile ayant subi une filtration à 10µm conduisent à des valeurs très élevées, ce qui doit conduire à une réflexion sur la filtration mise en place : cartouches de filtration inadaptée pour la filtration d'huile ou nécessité de descendre à des niveaux de filtration plus bas (1-5µm).

Les caractéristiques chimiques

• **Teneur en Soufre (S)**

La teneur en soufre est importante à prendre en compte dans le cas de l'HVP carburant. En effet, le soufre contribue à l'émission de particules et de dioxyde de soufre par l'échappement ainsi qu'à la formation de dépôts acides dans l'huile lubrifiante. De plus, ce soufre réduit le fonctionnement des catalyseurs.

Les teneurs mesurées sur l'huile produite à la ferme sont généralement faibles puisqu'elles se situent sous la barre des 20 ppm alors que les exigences de teneur en soufre des différents carburants sont de maximum 50 ppm pour 2005 et 10 ppm pour 2009.

Teneur en phosphore (P)

La teneur en phosphore indique la présence de phospholipides. Ce paramètre est très important pour un usage carburant. En effet, ces phospholipides sont responsables d'encrassement des soupapes et de la chambre de combustion des cylindres lors de l'utilisation d'huile végétale carburant (phénomène de gommage). La graine de colza contient des teneurs importantes de phosphore contrairement à celle de tournesol qui n'en contient pas. Cet élément peut se retrouver en plus ou moins grande quantité dans l'huile selon les conditions de trituration. Ainsi, une trituration à froid, autour de 50°C, offre l'avantage de produire une huile dont la teneur en phosphore est fortement réduite.

• **Teneur en cendres**

Elles s'obtiennent en calcinant les résidus charbonneux de la combustion spontanée, provoquée par chauffage, d'une huile. (VAITILINGOM, 1992).

Les cendres ont un pouvoir abrasif qui doit être limité pour éviter des problèmes au niveau de la pompe d'injection, des injecteurs et des cylindres.

• **Teneur en eau**

Tous corps gras peut renfermer de l'eau même lorsqu'il est limpide, l'eau ayant à la température ordinaire une solubilité de 0,05 à 0,1 % dans les huiles (VAITILINGOM, 1992). On distinguera l'eau libre (mesurée par la norme NF EN ISO 662) et l'eau combinée. L'ensemble de l'eau présente dans les huiles est mesuré par la méthode de Karl Fischer.

La présence d'eau dans le carburant pose des problèmes tout au long du circuit de carburant (réservoir, filtre,...). Ce paramètre est donc à surveiller et dépendra de l'humidité de la graine et des conditions de stockage de l'huile.

• **L'acidité**

Les corps gras en s'altérant naturellement, donnent par hydrolyse naissance à des acides gras libres et du glycérol. La mesure de l'acidité libre d'un corps gras est donc un des moyens les plus utilisés pour déterminer son altération. Ainsi, la teneur en acides gras libres s'exprime de deux façons :

- l'acidité est le pourcentage d'acides gras libres exprimés conventionnellement selon la nature du corps gras, en acide oléique, palmitique ou laurique.
- L'indice d'acide est le nombre de milligrammes de potasse nécessaire pour neutraliser l'acidité d'un gramme de matière grasse. (VAITLINGOM, 1992)

D'après quelques retours d'expériences, il semblerait que le contact de l'air ait une influence plus importante sur l'acidification de l'huile que la lumière bien que les valeurs restent acceptables (JOYE, 2004).

• **L'oxydation**

L'altération chimique des corps gras est un phénomène naturel provoqué par l'oxygène de l'air. Il débute par la formation d'un peroxyde et ensuite par la formation de " produits de scission ". Ces produits de scission résultent de la coupure des chaînes carbonées au niveau

des doubles liaisons. Ce sont en général des composés à chaîne courte, du type aldéhyde et les cétones, responsables de l'odeur de corps gras rances. Plus une huile est insaturée, plus elle est sensible à l'oxydation et donc peroxydable (VAITILINGOM, 1992).

Cette réaction commence très lentement puis s'accélère de façon exponentielle. L'oxygène se fixe sur les chaînes carbonées de façon différente suivant la température à laquelle a lieu l'oxydation.

Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde permet d'estimer de façon grossière le degré d'oxydation de l'huile. Il s'exprime en nombre de milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de corps gras. Pour ce paramètre, on observe une influence plus importante de l'air par rapport à la lumière.

L'oxydation est proportionnelle à l'amélioration de l'indice de cétane mais également de l'acidification.

Les cires (CLEMENT & al, 2002)

Ce sont des esters d'acides gras à longue chaîne (C14 à C28) et d'alcools (C14 à C32). Les cires ont une fonction protectrice des graines, et sont présentes en grande concentration dans la coque de la graine de tournesol, c'est pourquoi la décortication pour un atelier de trituration HVP tournesol est vivement recommandée.

On sépare les cires en deux catégories selon leur longueur de chaîne. Si celle-ci est inférieure à 42 atomes de carbone, les cires ne cristallisent pas dans l'huile à température ambiante et sont dites non cristallisables.

En revanche, si la longueur de chaîne est supérieure à 42 atomes, les cires sont alors cristallisables à température ambiante et sont responsables de la mauvaise tenue au froid de l'huile.

On dose les cires par 2 méthodes :

- la mesure qualitative de la teneur en cires est effectuée par le cold test. Les échantillons d'huile sont fondus et placés dans des tubes en verre de 15 ml parfaitement nettoyés et immergés dans un bain thermostaté à 10°C pendant 24h. Le trouble observé toutes les heures à partir de t=17h. Le test est considéré positif si on ne détecte pas de trouble au bout de 24h.
- la mesure quantitative s'effectue par chromatographie en phase gazeuse (CPG). Elle s'effectue en deux temps : passage sur colonne de silice afin de préparer l'échantillon puis CPG.

Les cires sont considérées comme des éléments indésirables dans l'huile de tournesol en vue d'une utilisation en tant que carburant. Elles ont les mêmes effets que les paraffines des gazoles : par temps froid, elles bouchent les filtres à carburant et obstruent les canalisations d'alimentation. De plus, elles provoquent des encrassements des chambres de combustion.(BATTAIS & al., 2006)

Les fiouls et les gazoles sont modifiés avec des additifs afin d'éliminer ce phénomène mais ces additifs sont inefficaces dans les cas des huiles végétales.

La teneur est fixée à 50 ppm dans la norme mais d'après CLEMENT & al. (2002), il n'a été signalé aucun incident de fonctionnement en hiver sur les engins d'expérimentation pour des HVP de tournesol avec des teneurs de 230 ppm en cires cristallisables.

Phospholipides

Ce sont des esters de glycérol dont une fonction est occupée par une molécule d'acide phosphorique. Constitutif des parois végétales, amphiphiles. Phénomène de "glaçage" dans le moteur.

FUEL-OIL DOMESTIQUE

CSR 441

1er Juillet 2002

annule et remplace la feuille CSR 440 du 18 Janvier 2002

| SPECIFICATIONS | a) DOUANERES | | b) ADMINISTRATIVES | | c) INTERSYNDICALES |
|---|--|--|---|--|--|
| REFERENCES | Loi n° 66-523 du 14/12/66 Arrête du 21/03/76 du 27/12/01 (8) | J.O. 15/12/66 J.O. 21/03/76 30/12/01 | Arrête du 29/06/67 du 06/12/77 du 29/03/80 du 29/10/87 du 09/08/94 du 28/08/97 du 09/01/98 du 05/06/98 du 11/05/99 (1) | J.O. du 10/09/67 du 14/12/77 du 31/03/80 du 31/10/87 du 20/08/94 du 05/09/97 du 29/01/98 du 12/06/98 du 08/09/99 (1) | |
| DEFINITION | FOD | | Mélange d'hydrocarbures d'origine minérale ou de synthèse, et éventuellement d'ester méthylique d'huile végétale, destiné notamment à la production de chaleur dans les installations de combustion et sous certaines conditions d'emploi à l'alimentation des moteurs à combustion interne (2). | | |
| COULEUR | Rouge | | | | |
| MASSE VOLUMIQUE à 15 °C (NF EN ISO 3675) (NF EN ISO 12185) | | | | | Comprise entre 0,830 et 0,880 kg/l |
| VISCOSITE à 20 °C (NF EN ISO 3104) | | | Inférieure ou égale à 9,5 mm ² /s à 20° C | | 3 à 7,5 mm ² /s |
| TENEUR EN SOUFRE (NF EN 24290) (NF EN ISO 14596) | | | Inférieure ou égale à 0,2 % (m/m) | | Inférieure ou égale à 0,20 % (m/m) |
| DISTILLATION (NF EN ISO 3405) (3) % (v/v) condensé (pertes comprises) | Moins de 65 % à 250 °C 55 % ou plus à 350 °C | | Inférieur à 55 % à 250° C Supérieur ou égal à 85 % à 350° C | | |
| POINT D'ECLAIR (NF T 60-103) | | | Supérieur ou égal à 55 °C | | Compris entre 55 °C minimum et 120 °C |
| ASPECT | Clair et limpide à 20° C | | | | |
| TENEUR EN EAU (NF ISO 6296) (4) (NF EN ISO 12937) (5) | | | Inférieure ou égale à 200 mg/kg | | |
| TENEUR EN EAU ET SEDIMENTS (NF M 07-020) (7) | | | Inférieure ou égale à 0,10 % (m/m) | | |
| POINT DE TROUBLE (NF EN 23015) | | | Inférieur ou égal à + 2 °C | | |
| STABILITE A L'OXYDATION (NF EN ISO 12205) | | | Inférieure ou égale à 25 gm ³ | | |
| POINT D'ECOULEMENT (NF T 60-105) | | | Inférieur ou égal à - 9 °C | | |
| TEMPERATURE LIMITE DE FILTRABILITE (NF EN 116) | | | | | Inférieure ou égale à - 4 °C |
| RESIDU DE CARBONE (sur le résidu 10 % de distillation) (NF ISO 8615) (6) (NF EN ISO 10370) | | | Inférieur ou égal à 0,35 % (m/m) | | Inférieur ou égal à 0,30 % (m/m) (valeur basée sur un produit exempt d'améliérateur de cétane). |
| INDICE DE CETANE (NF EN ISO 5165) | | | Supérieur ou égal à 40 | | |
| COLORANT | La couleur sera obtenue par addition de 1 g/l de rouge écarlate (ortho-toluène-azo-ortho-toluène-azo-béta-naphтол) ou tout autre colorant autrement dénommé mais chimiquement identique. | | | | |
| AGENTS TRACEURS (8) | Diphénylamine Furfural | | | | |
| | Solvent Yellow 124 | | Présence des traceurs nationaux (diphénylamine et furfural) et / ou du traceur européen SY 124 en respectant obligatoirement le taux minimal suivant, au cours de la période de transition du 31/12/2001 au 31/07/2002, avec 0 ≤ a ≤ 1 a x (50 mg/l de diphénylamine + 10 mg/l de furfural) + (1-a) x 5 mg/l de SY 124 | | A compter du 15/02/2002 présence obligatoire du SY 124 au taux minimal de 5 mg/l pour les expéditions par moyens massifs (pipelines, fer, bateau) provenant des raffineries et des points d'importation à destination des dépôts |
| CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (9) ISO 6297 - 1997 (mesure) NF EN ISO 3170 (prélèvements) | | | | | 150 pS / m à 20°C au minimum à compter du 1er septembre 2002 (voir note 8) (seul additif antistatique autorisé : Stadis 450) |

Caractéristiques du fuel domestique

Annexe5: Les normes TIER applicables aux véhicules diesels non routiers et les moyens de réduire les émissions d'oxyde d'azote(NOx).

La loi sur l'air de 1990 a donné à l'EPA (Environment Protection Agency), organisme américain, le pouvoir de réglementer les émissions des véhicules non routiers (OFF ROAD), c'est-à-dire les tracteurs, matériel agricole, motoculture, engins de chantiers, contribuant significativement au non respect des objectifs en matière d'ozone et/ou monoxyde de carbone. Les normes TIER (Time of Implementation for Emission Regulations) apparaissent dès 1996. En parallèle, l'Union Européenne a mis en place une réglementation comparable (norme 97/68EC) en plusieurs étapes dénommées « Phases » ou « Stage » reprenant sensiblement les mêmes limites que celles imposées par l'EPA. La plupart des motoristes doivent donc répondre aux deux législations dès lors qu'ils sont présents sur les deux continents.

Les normes TIER, contrairement aux normes EURO, sont fixées par rapport à la puissance des moteurs. Les *tableaux 2 et 3* donnent les limites des émissions. (Dieselnet, 2004)

| Catégorie | Puissance nette (kW) | Date mise en application (Janvier) | CO | NOx+HC | PM |
|-----------|----------------------|------------------------------------|-----|--------|-----|
| H | 130-560 | 2006 | 3,5 | 4,0 | 0,2 |
| I | 75-130 | 2007 | 5,0 | 4,0 | 0,3 |
| J | 37-75 | 2008 | 5,0 | 4,7 | 0,4 |
| K | 19-37 | 2007 | 5,5 | 7,5 | 0,6 |

Tableau 2 : normes TIER 3/Stage IIIA en g/kWh

| Catégorie | Puissance nette (kW) | Date mise en application (Janvier) | CO | HC | NOx | PM |
|-----------|----------------------|------------------------------------|-----|------|-----|-------|
| L | 130-560 | 2011 | 3,5 | 0,19 | 2,0 | 0,025 |
| M | 75-130 | 2012 | 5,0 | 0,19 | 3,3 | 0,025 |
| N | 56-75 | 2012 | 5,0 | 0,19 | 3,3 | 0,025 |
| P | 37-56 | 2013 | 5,0 | 4,7 | | 0,025 |

Tableau 3 : normes TIER 4/Stage IIIB en g/kWh

Source : EPA

On constate que la majeure partie des engins sont déjà passés à la norme TIER 3. On peut aussi remarquer que pour TIER 4, une distinction est faite entre les HC et les NOx pour la majorité des puissances, ce qui n'était pas le cas pour TIER 3. Les normes deviennent donc de plus en plus précises et ciblées. De plus, on constate que les valeurs pour le monoxyde de carbone n'évoluent quasiment pas pour TIER4. En revanche, NOx et les particules sont directement ciblés par la norme TIER4 avec des restrictions très importantes. C'est ainsi que TIER 4 requiert une baisse de 90 % des émissions de particules. (*Figure 3*)

Annexe 6 : Les solutions techniques pour réduire les émissions de NOx

Les normes d'émissions des véhicules allant vers une restriction croissante des émissions de Nox, de nombreux efforts de recherche sont aujourd'hui consentis pour la mise au point d'installations sur les véhicules pour répondre à ces normes.

L'atteinte des objectifs fixés au delà (TIER 4 et plus) qui vise en particulier les émissions de NOx et particules, va nécessiter l'implantation sur les véhicules de systèmes complémentaires qui peuvent être de deux natures :

- systèmes intervenant directement sur le moteur et sur la combustion.
- systèmes de post-traitement des gaz d'échappements.

Les systèmes d'injection

L'injection diesel à rampe commune (Common rail) atteint d'ores et déjà des pressions maximales d'injection de 1600 à 1800 bars alors que la technique d'injecteur pompe unitaire dépasse les 2000 bars. L'amélioration de la pulvérisation du carburant qui en résulte, permet de réduire de façon notable les émissions de suies. Ces systèmes d'injections bénéficient également des nouvelles technologies de commande permettant de répartir la quantité injectée en de multiples injections (jusqu'à 5 à 7 injections différentes en Common rail) au cours du cycle thermodynamique. Cette technique permet, en modulant le processus de combustion (injection commandée électroniquement), de réduire très fortement les émissions de CO, NOx et particules à la source tout en agissant également sur le bruit. (Martin, 2004)

Réduction des NOx par l'EGR : Exhaust Gaz Recirculation

Principe :

Le principe de l'EGR réside dans l'introduction d'une quantité donnée de gaz d'échappement en remplacement d'une partie de l'air frais à l'admission du moteur. (Toyota Motor Sales). Ce recyclage a plusieurs effets sur le processus de combustion :

- Pour une quantité de gazole injectée, le remplacement partiel de l'air (contenant 21% d'O₂) par des gaz d'échappement (contenant moins de 10% d'O₂) conduit à une limitation de la concentration d'oxygène, ce qui réduit pour une température donnée la formation des NOx.
- La présence de CO₂ augmente la capacité calorifique du mélange du fait de sa forte chaleur massique ; la température de flamme sera donc plus faible pour une énergie délivrée égale. Le CO₂ a une légère action inhibitrice sur la combustion captant une partie de l'énergie dégagée.

En reprenant les propriétés de la combustion évoquées auparavant, nous pouvons tirer quelques conclusions :

- Une limitation des émissions de NOx est d'autant plus importante que la fraction des gaz recyclés (=taux d'EGR) est grande.
- Il y a une tendance à augmenter les émissions imbrûlées (HC et particules). Cette tendance est également croissante avec le taux d'EGR. Le choix de cette valeur est issu d'un compromis entre la réduction des NOx que l'on cherche à obtenir et la limitation de la dérive des émissions imbrûlées.
- On observe une réduction des performances du moteur.
- Le ralentissement de la combustion conduit à une baisse de rendement, donc à une augmentation de la consommation.

- A faible charge, la plus grande température d'admission est de nature à favoriser le processus de mélange, donc de favoriser la combustion.

Fonctionnement technique

On distingue deux types de systèmes EGR :

- EGR internes : ils sont intégrés au moteur. Les principales techniques se basent sur une modification de la loi de levée des soupapes grâce à un usinage spécifique de l'arbre à came qui va faire recirculer des gaz en ouvrant, une deuxième fois, pendant un temps réduit, la soupape d'échappement. (EPA, 2001)
- EGR externes : utilisation d'une vanne qui prélève une partie des gaz d'échappement pour les réintroduire à l'admission. (*Figure 5*) (EPA, 2001)

Pour ces solutions, deux voies se distinguent (EPA, 2001):

- **La recirculation à haute pression** (moteur suralimenté) : elle consiste à prélever des gaz en amont de la turbine pour les réinjecter en aval du compresseur du turbo. Cette voie offre l'avantage d'un circuit court (une seule vanne, réaction plus rapide du système). Pour les poids lourds (suralimentation puissante), la pression à l'échappement est très variable et n'est supérieure qu'à la pression d'admission que lorsque la soupape d'échappement est ouverte. Il faut donc installer un clapet interdisant la circulation des gaz en sens inverse de l'admission vers l'échappement.
- **La recirculation à basse pression** consiste à prélever des gaz après la turbine pour les réinjecter avant le compresseur. Pour éviter l'usure du compresseur du turbo, cette voie nécessite la mise en place d'un filtre à particules en amont du prélèvement, permettant de recycler des gaz exempts de particules. Les inconvénients sont :
 - circuit plus long (manque de réactivité).
 - un danger de condensation de la vapeur d'eau vis-à-vis du compresseur.
 - encrassement du filtre.

Précaution pour la mise en place d'un système EGR

Les gaz recyclés étant généralement plus chauds que l'air, l'utilisation de l'EGR peut conduire à une augmentation de la température de mélange à l'admission. On a donc recours à des systèmes de refroidissement de l'air recyclé s'effectuant par échangeur air/eau (utilisation de l'eau de refroidissement du moteur). Ainsi, le refroidissement des gaz permet de réduire la température des gaz recyclés et d'accroître l'effet sur les NOx en limitant les pertes énergétiques.

Le contrôle de la quantité des gaz recyclés constitue la difficulté de mise en place de ce système : la valeur doit être choisie pour chaque condition de charge et de régime du moteur afin de réduire les émissions de NOx et de ne pas pénaliser le rendement sans émettre trop de particules. La mise au point d'un système EGR doit donc se faire en optimisant son fonctionnement pour toutes les plages d'utilisation moteur. Le problème est particulièrement critique dans les conditions de pleine charge pour lesquelles la limitation du rendement et l'augmentation des émissions de particules dues à l'EGR sont les plus importantes.

Ce contrôle de la vanne EGR est basé sur le principe suivant : le système dispose en interne d'un algorithme qui permet, de connaître les émissions de NOx pour chaque point de fonctionnement moteur et de doser en conséquences la quantité de gaz brûlés à faire recirculer à partir des paramètres de pressions et de températures à l'admission et à l'échappement, de consommation et de richesse.

Effets sur les moteurs

La mise en place de l'EGR a pour conséquences de réintroduire à l'intérieur de la chambre des gaz brûlés chargés d'un certain nombre de composants susceptibles de dégrader les qualités de l'huile (réduction du pouvoir lubrifiant) et d'accroître l'usure des pièces mobiles du moteur. L'analyse (au banc) de l'influence de l'EGR sur l'usure moteur a fait l'objet de plusieurs études (Taillardat, 2003) dont les résultats sont les suivants :

- Augmentation des teneurs en cendre (causant la dégradation de l'huile) ainsi que la teneur en métaux (usure du moteur).
- Usure plus marquée dans les conditions de fortes charges, les effets étant faibles en condition de charge partielle et fort excès d'air.
- Dépôt de suies qui encrassent la vanne.

La suralimentation

L'évolution des systèmes de suralimentation : turbine et compresseur à géométrie variable, suralimentation double étage, permet, grâce à l'augmentation et la meilleure gestion et utilisation de l'air admis, d'améliorer les performances des moteurs (augmentation du couple sur toute la plage de régime), d'augmenter les puissances spécifiques tout en réduisant la consommation et les émissions de polluants (notamment les NOx, en autorisant les plus forts taux d'EGR).

Le traitement des oxydes d'azote

Pour la réduction catalytique des oxydes d'azote, deux technologies principales sont envisagées : la SCR (Selective Catalytic Reduction) et les pièges à NOx.

La SCR (privilegiée en Europe)(Figure 8)

Ce système SCR (Selectiv Catalyst Reduction) consiste en un retraitement des gaz d'échappement avec une résine d'urée appelée AdBlue. Les NOx vont être transformés en eau et en azote inoffensifs. La réduction catalytique sélective par l'ammoniac, employée depuis très longtemps sur les installations fixes de combustion, possède une efficacité de 90 % lorsque les gaz sont situés dans la fenêtre de température du catalyseur (200- 500 °C). Sur véhicule, le réducteur employé n'est pas l'ammoniac mais une solution aqueuse d'urée (NH_2CONH_2) qui injectée à l'échappement va libérer de l'ammoniac par une réaction d'hydrolyse.

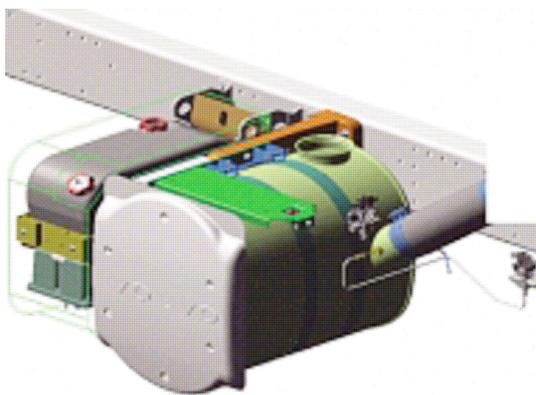


Figure 8 : le système SCR (Martin, IFP,2004)

La figure 9 donne une vue schématique d'un système SCR. Le catalyseur d'oxydation placé en amont permet d'augmenter le rapport NO₂/NO des gaz d'échappement et ainsi d'accroître l'efficacité de conversion notamment à basse température en tenant compte du fait que la réaction de NO₂ avec NH₃ est plus rapide que la réaction de NO avec NH₃.(Martin, 2004)

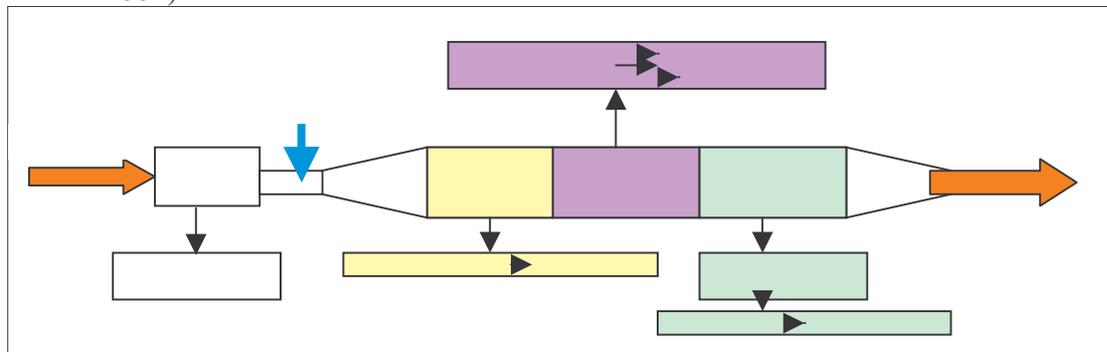


Figure 9 : schéma de fonctionnement du système SCR

Le catalyseur dit de « clean-up » placé en aval du système permet de traiter les éventuels rejets d'ammoniac excédentaire, notamment pendant les phases transitoires. La mise au point du système pour une application véhicule nécessite de calibrer très précisément la quantité d'urée injectée en fonction de la quantité de NO_x émis par le moteur, de la température d'échappement, des caractéristiques du catalyseur. À ce titre, la présence du catalyseur de clean-up offre une latitude supplémentaire et permet d'atteindre des taux de conversion des NO_x plus élevés sans réémission d'ammoniac à l'atmosphère. Pour les applications envisagées pour Euro 4, les consommations volumiques d'urée représentent de l'ordre de 4 à 8% de la consommation de gazole.

Cette solution permet aussi de positionner le compromis NO_x/particules vers de faibles émissions de particules, les émissions de NO_x étant réglées par l'urée. En effet, il existe un lien entre émissions de NO_x et particules. Si on procède à une baisse des émissions de particules en modifiant par exemple l'avance à l'injection, les émissions de NO_x augmentent et inversement.

L'AdBlue est une solution incolore, qui est stockée dans un réservoir spécifique, à côté du réservoir diesel. Fabriqué à partir de l'urée, c'est un produit synthétique. Il contient 31,8% d'urée et 68,5% d'eau. Suivant la directive 67/548/EEC, l'AdBlue est classé comme produit non dangereux. Il est non toxique et non explosif (Renault Trucks, 2006). L'AdBlue gèle à partir de -11°C. Par conséquent, les points de ravitaillement d'AdBlue dans les régions froides auront besoin d'être chauffés afin de remédier à ce problème. En outre, certains camions, équipés du système SCR seront dotés d'un système de chauffage afin de garantir le bon fonctionnement, même dans les climats les plus froids. Si l'AdBlue gèle, le produit n'est pas endommagé et peut être utilisé après la fonte. (Europe Camion, 2006)

Plusieurs producteurs d'AdBlue sont déjà présents sur le marché : Yara (allié à Total), Univar et GreenChem notamment. Les réseaux se mettent en place. Yara par exemple vient de passer un accord avec Brenntag (un des grands distributeurs mondiaux de produits chimiques) pour la distribution d'AdBlue dans toute l'Europe. Le marché AdBlue est appelé à devenir très important étant donné les orientations prises par les motoristes routiers. Rien que pour la France, on estime le marché à 600 millions de tonnes par an en 2012... Le prix d'un litre d'AdBlue devrait osciller entre 0,50 et 0,70 euros/l.

Sa consommation est d'environ 1,5litres/100kms.AdBlue n'est pas taxé comme le diesel bien qu'il soit soumis à la TVA.

Annexe 7 : Comparaison entre un tourteau industriel de colza et un tourteau fermier de colza (gras)

| COMPOSITION | UNITES | SOURCES | | |
|-------------|---------|--------------------|---------------------|------------------|
| | | INRA 2002 déshuilé | EURL Laplace (gras) | FDCUMA 53 (gras) |
| MS | % | | 89,30 | |
| UFL | | 0,85 | 1,40 | 0,9 à 1,2 |
| UFV | | 0,80 | 1,38 | |
| PDIN | g/kgMS | 219,00 | 201,00 | 170 à 200 |
| PDIE | g/kgM.S | 138,00 | 116,00 | 93 à 125 |
| PDIA | g/kgMS | | 80,00 | |
| PDIN/PDIE | % | | 173,00 | |
| CELLULOSE | % | 12,00 | 12,50 | 10,70 |
| MAT | % | 35,00 | 27,80 | 28,10 |
| MG | % | 3,00 | 22,90 | 12 à 20 |
| M organique | % | | 84,70 | |
| M min | % | | 4,60 | |

Annexe8 : description des deux voies de production, les plus prometteuses pour les biocarburants de deuxième génération

Le bioéthanol de cellulose produit par voie fermentaire

Le bioéthanol que l'on trouve actuellement en mélange banalisé dans les essences est produit à partir d'amidon de blé et de maïs ou du saccharose de betterave. D'autres plantes sont utilisées (canne à sucre au Brésil, manioc en Thaïlande) mais le principe reste le même : seuls le saccharose et l'amidon sont transformés en alcool. L'idée est de découper les grosses molécules de cellulose et d'hémicellulose en sucres élémentaires pour pouvoir les transformer en éthanol par fermentation selon un processus semblable à la production d'éthanol de 1ère génération. Une activité intense de recherche et développement à l'échelle mondiale vise à développer des procédés industriels de valorisation de la cellulose et des hémicelluloses qui sont avec la lignine les composantes principales des parois des cellules végétales. Les principaux obstacles qui doivent encore être levés sont à ce jour le prétraitement de la biomasse, la coupure enzymatique ou chimique des polymères avec une efficacité satisfaisante et un coût acceptable. La fermentation des sucres issus des hémicelluloses doit encore être mise au point.

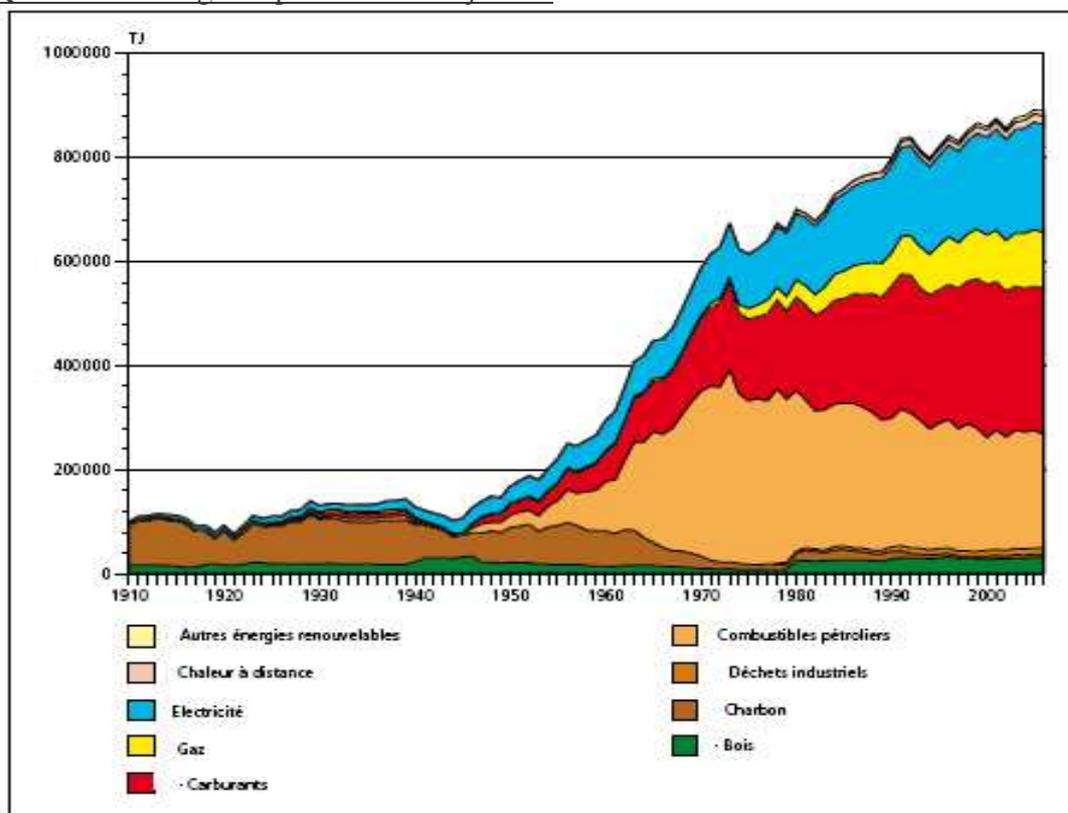
Le biodiesel produit par voie thermochimique

Selon ce procédé, la biomasse est placée dans un réacteur appelé gazéificateur. La biomasse est alors soumise à des conditions de température et de pression élevées (environ 900°C et 25 bars) qui la détruisent totalement pour former du gaz de synthèse qui est un mélange très réactif de dihydrogène H2 et de monoxyde de carbone CO.

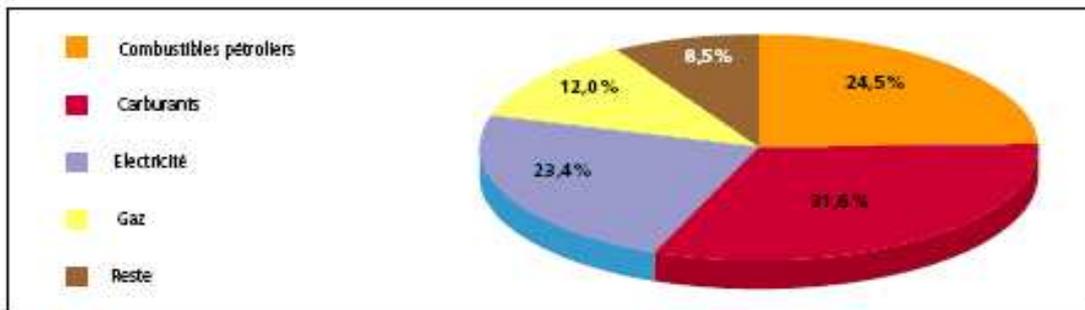
Une des perspectives les plus intéressantes des carburants de seconde génération est de pouvoir valoriser une plus grande fraction de la biomasse végétale disponible. Ainsi, la quantité de biocarburant par hectare de culture peut être considérablement augmentée et l'efficacité de ces filières concernant la réduction des émissions de carbone peut être fortement améliorée. Il sera alors possible de produire de manière durable une quantité bien plus importante de biocarburants sur un territoire, contribuant ainsi à la sécurité des approvisionnements énergétiques des pays. En effet, les procédés de seconde génération permettent de valoriser des biomasses d'origines très variées, non exclusivement agricoles. Les déchets de l'exploitation forestière (éclaircies, branches,...), les cultures arbustives (taillis à courte rotation), les sous-produits de l'agriculture comme les pailles ou encore les déchets organiques urbains sont de bons candidats à la production de carburants de seconde génération.

On attend des carburants de seconde génération un saut qualitatif important, lié à des performances environnementales accrues en terme de bilan de gaz à effet de serre et de rendement énergétique à l'hectare. Les experts de la Commission européenne estiment ainsi que le bioéthanol de cellulose et le biodiesel de deuxième génération représenteront une économie de plus de 90 % des émissions de CO₂ par rapport aux carburants fossiles auxquels ils se substituent. De plus, le BTL (biomass to liquid) devrait permettre une forte réduction des émissions de particules, des composés organiques volatils et du monoxyde de carbone, par rapport au gazole. Sur le plan économique, les experts de la Commission européenne estiment qu'en 2020, les prix des biocarburants de seconde génération seront encore supérieurs à ceux des biocarburants de 1ère génération. Néanmoins, l'Institut Français du Pétrole, de même que certains chercheurs américains, estiment que le coût de production de l'éthanol de cellulose obtenu par la voie fermentaire peut descendre sous la barre des 30 euros par hl grâce à l'avancement des recherches.

Annexe 9 : consommation d'énergie en Suisse en 2006, source Office fédéral de l'énergie
Quantité d'énergie exprimée en tera joules.



Consommation finale 1910-2006 selon les agents énergétiques

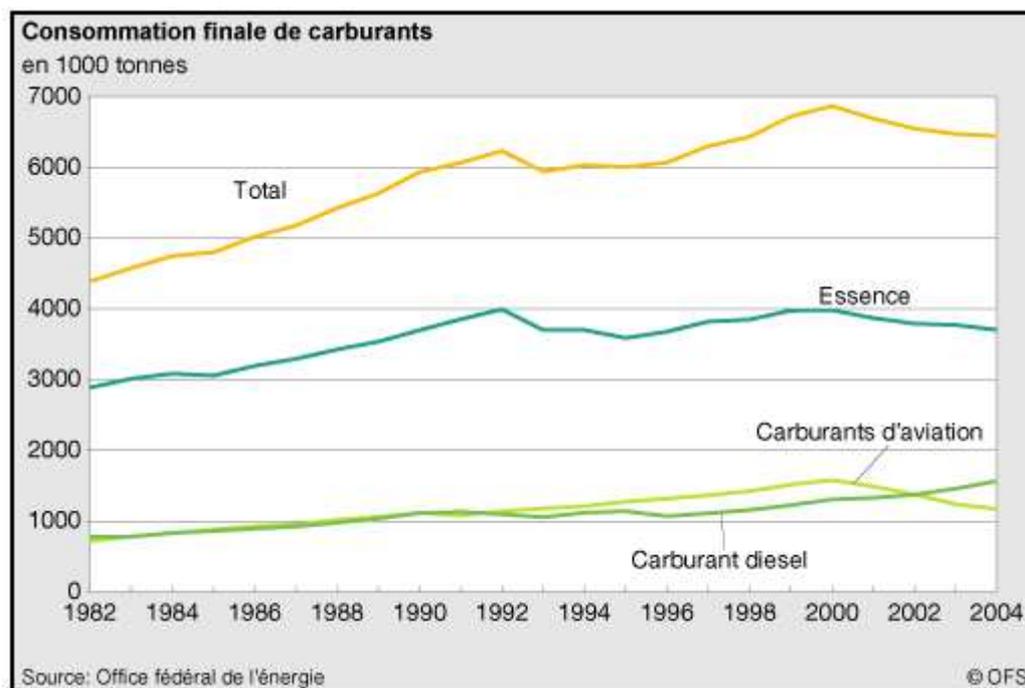


Répartition de la consommation finale selon les agents énergétiques (2006)

| | Consommation en 1000 t | | Consommation en TJ | | Variation en % 2005-2006 | Part en % | |
|----------------------------------|------------------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------------------|-------------|-------------|
| | 2005 | 2006 | 2005 | 2006 | | 2005 | 2006 |
| Combustibles | | | | | | | |
| Huile extra-légère | 5'051 | 4'809 | 215'170 | 204'840 | -4,8 | 42,8 | 41,2 |
| Huile moyenne et lourde | 119 | 139 | 4'900 | 5'730 | 16,9 | 1,0 | 1,2 |
| Coke de pétrole | 33 | 46 | 1'160 | 1'610 | 38,8 | 0,2 | 0,4 |
| autres | 100 | 110 | 4'600 | 5'060 | 10,0 | 0,9 | 0,9 |
| Total combustibles | 5'303 | 5'104 | 225'830 | 217'240 | -3,8 | 44,9 | 43,7 |
| Carburants | | | | | | | |
| Essence | 3'595 | 3'484 | 152'790 | 148'070 | -3,1 | 30,4 | 29,8 |
| Carburant diesel | 1'712 | 1'852 | 73'270 | 79'270 | 8,2 | 14,6 | 15,9 |
| Carburants d'aviation | 1'186 | 1'243 | 51'000 | 53'450 | 4,8 | 10,1 | 10,6 |
| Total Carburants | 6'493 | 6'579 | 277'060 | 280'790 | 1,3 | 55,1 | 56,3 |
| Total produits pétroliers | 11'796 | 11'683 | 502'890 | 498'030 | -1,0 | 100 | 100 |

Annexe 10 : Quantités de carburants consommées en Suisse consommation finale des carburants en Suisse en 2005 et 2006
Source : OFEN

Annexe 11 : Evolution de la consommation finale des carburants en Suisse



Source : administration fédérale des douanes, Bern, Section Impôt sur les huiles minérales
Août 2006

Installation pilote et de démonstration pour la fabrication de biocarburant issu de matières premières renouvelables

Guide pour l'établissement d'une demande d'exonération fiscale

En vertu de l'article 17 de la loi sur l'imposition des huiles minérales (RS 641.61) et de l'article 35 de l'ordonnance sur l'imposition des huiles minérales (RS 641.611), une demande d'exonération fiscale peut être présentée pour la fabrication de biocarburants issus de matières premières renouvelables.

La demande doit contenir les points suivants:

Description du projet

- Matières premières de base
 - Quelles matières premières de base sont mises en œuvre ? (énumération des matières de base entrant en considération telles que par exemple huile végétale, huile végétale usagée, graisses animales, etc.).
 - Provenance des matières premières ?
 - Quantités prévues de matières premières ne pouvant pas être désignées comme déchets, mais devant être cultivées aux fins d'extraction du carburant.
 - Indications sur la qualité écologique de la culture de ces produits (par exemple production Bio-IP ou Extensio, indications sommaires sur l'emploi de produits phytosanitaires ou d'engrais).
 - Remarque:** si de l'huile de soja, de palme ou de jatropha est importée de l'étranger en tant que matière première de base, la culture écologique doit être prouvée au moyen de labels/certificats reconnus !
- Installation

Pour l'autorisation d'une installation pilote et de démonstration, un processus de fabrication doit avoir lieu dans l'installation. Le simple mélange des composants n'est pas réputé fabrication au sens de l'ordonnance.

 - Description et fonction de l'installation: quels processus sont mis en œuvre ? (préparation, estérification, etc.)
 - Croquis/plan de l'installation
 - Mise en service de l'installation: existe-t-elle déjà ? Ou est-elle seulement prévue ?
Date de mise en service ?
 - Emplacement
- Etapes de préparation/extraction des carburants
 - Enumérer et expliquer brièvement (par exemple chauffer, filtrer, déshydrater, etc.) les diverses étapes.

Composition du carburant

- Est-il procédé à un mélange avec des additifs ou des matières premières non renouvelables?
- Pourcentage des matières premières non renouvelables: quelle est la part maximale en pourcent de matières premières non renouvelables que contient le carburant ?

Utilisation du biocarburant

- Mise à la consommation (à la colonne ou comment ?)
- Propre consommation
- Production d'électricité/chaleur
- Combustion (chauffage)

Capacité de l'installation

- Indication de la production annuelle probable en litres (à court et à long terme).

Annexes

- Pièces confirmant/étayant la demande, telles que par exemple coupures de journaux, rapports, etc.

.....

Annexe 13 Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2006-2016

| Projections mondiales d'oléagineux | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Année commerciale ^d | | Moyenne 01/02-05/06 | 06/07 est. | 07/08 | 08/09 | 09/10 | 10/11 | 11/12 | 12/13 | 13/14 | 14/15 | 15/16 | 16/17 |
| OLÉAGINEUX | | | | | | | | | | | | | |
| MONDE^e | | | | | | | | | | | | | |
| Production | mt | 263.5 | 302.0 | 302.5 | 313.5 | 322.9 | 330.5 | 337.9 | 344.0 | 350.9 | 356.4 | 361.7 | 367.6 |
| Consommation | mt | 263.0 | 301.8 | 312.0 | 320.4 | 326.1 | 333.2 | 340.4 | 346.7 | 353.2 | 358.6 | 363.9 | 369.8 |
| trituration | mt | 226.6 | 262.9 | 274.5 | 283.4 | 289.1 | 295.9 | 302.9 | 309.0 | 315.4 | 320.7 | 325.9 | 331.6 |
| Stocks, fin de période | mt | 28.0 | 38.1 | 30.9 | 26.5 | 25.7 | 25.3 | 25.2 | 24.9 | 25.1 | 25.2 | 25.4 | 25.6 |
| Prix ^f | USD/t | 266.0 | 289.8 | 310.4 | 311.7 | 306.5 | 300.8 | 297.4 | 297.7 | 295.4 | 295.1 | 298.4 | 299.6 |
| TOURTEAUX D'OLÉAGINEUX | | | | | | | | | | | | | |
| MONDE^e | | | | | | | | | | | | | |
| Production | mt | 163.7 | 189.2 | 197.6 | 203.9 | 207.8 | 212.7 | 217.7 | 222.2 | 226.9 | 230.7 | 234.4 | 238.6 |
| Consommation | mt | 161.2 | 188.2 | 196.8 | 202.6 | 206.4 | 211.3 | 216.4 | 220.9 | 225.5 | 229.4 | 233.1 | 237.2 |
| Stocks, fin de période | mt | 7.4 | 7.4 | 7.1 | 7.2 | 7.4 | 7.7 | 7.8 | 8.0 | 8.2 | 8.4 | 8.6 | 8.8 |
| Prix ^f | USD/t | 201.0 | 204.9 | 215.2 | 217.0 | 212.8 | 207.5 | 204.6 | 203.1 | 198.4 | 196.3 | 199.1 | 200.8 |
| HUILES VÉGÉTALES | | | | | | | | | | | | | |
| MONDE^e | | | | | | | | | | | | | |
| Production | mt | 85.3 | 102.9 | 106.9 | 110.8 | 113.5 | 116.6 | 119.5 | 122.6 | 125.5 | 128.7 | 131.5 | 134.6 |
| dont huile de palme | mt | 31.0 | 39.2 | 40.4 | 42.1 | 43.2 | 44.7 | 45.8 | 47.5 | 49.1 | 51.0 | 52.5 | 54.1 |
| Consommation | mt | 82.6 | 100.8 | 105.1 | 108.6 | 111.3 | 114.3 | 117.3 | 120.3 | 123.3 | 126.4 | 129.3 | 132.3 |
| Stocks, fin de période | mt | 7.9 | 9.2 | 8.8 | 8.8 | 8.9 | 9.0 | 9.0 | 9.1 | 9.1 | 9.2 | 9.2 | 9.3 |
| Prix ^f | USD/t | 520.6 | 590.7 | 618.0 | 619.7 | 622.9 | 611.9 | 610.8 | 608.5 | 612.4 | 613.9 | 615.4 | 613.9 |

c) La source des données historiques est l'USDA.
d) Prix moyen pondéré des oléagineux, port européen.
e) Prix moyen pondéré des tourteaux d'oléagineux, port européen.
f) Prix moyen pondéré des huiles oléagineuses et de l'huile de palme, port européen.