

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie  
Délégation Régionale Aquitaine

R E G I O N



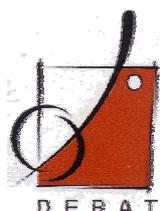
**AQUITAINE**

# Perspectives de développement de l'utilisation des huiles végétales pures hors utilisations biocarburant

*Rapport final*

*Étude réalisée par Liliane BATAIS et Serge DEFAYE (DEBAT)*

*et Gilles VAITILINGOM (CIRAD)*



**DEBAT**

Envaux

24220 ALLAS LES MINES

Tél. : 05 53 31 09 33 – Email : [snc.debat@wanadoo.fr](mailto:snc.debat@wanadoo.fr)



**CIRAD**

TA 10/16 avenue Agropolis

34398 – MONTPELLIER Cedex 5

Tél. 04 67 61 57 62 – Email : [vaitilingom@cirad.fr](mailto:vaitilingom@cirad.fr)

**Juin 2006**

## SOMMAIRE

### Introduction

### 1<sup>ère</sup> partie : approche agronomique et énergétique

#### I – La production d’huiles végétales

1. A l’échelle mondiale
2. En Europe

Le colza

Le tournesol

Le soja

3. En France

Le colza

Le tournesol

Le soja

#### II – Les filières de production d’huile végétale pure

1. La production industrielle
  - a. *Pression*
  - b. *Extraction*
  - c. *Raffinage*
2. La production artisanale
  - a. *Pressage/trituration*
  - b. *Décantation*
  - c. *Filtration*

#### III – Les produits issus des huileries et leurs utilisations

1. L’huile végétale pure
2. Le tourteau

#### IV – Productivité agricole et bilan énergétique de la filière huile végétale pure

1. La productivité agricole à l’hectare
2. Les bilans énergétiques
  - ✓ Filière industrielle
  - ✓ Circuit court (artisanal ou à la ferme)

#### V - Les usages énergétiques des huiles végétales pures

1. La carburation automobile (biocarburants -ester méthylique)
2. Les moteurs à poste fixe (pompage, irrigation...)
3. La combustion directe
4. La cogénération (production combinée de chaleur et d’électricité)
  - a) Cogénération industrielle
  - b) Cogénération de petites puissances

#### VI - Réglementation et fiscalité

1. Les aides à la jachère énergétique
2. Les aides aux cultures énergétiques
3. La défiscalisation
  - *Le cas des biocarburants industriels*
  - *Le cas des huiles végétales pures*

4. *Les crédits d'impôt pour les particuliers*
5. *Le prix d'achat de l'électricité*

## **2<sup>ème</sup> partie : approche technologique**

### **VII. Utilisation des huiles végétales naturelles dans les moteurs diesels fixes.**

1. Introduction : les moteurs à injection directe et les moteurs à injection indirecte.
2. Performances et pollution comparées entre huile végétale et fioul dans les moteurs diesels modifiés

### **VIII. Utilisation des huiles végétales naturelles dans les brûleurs.**

1. Utilisation des HVP en résumé :
2. Principe de fonctionnement des brûleurs modernes :
3. Adéquation des équipements avec les caractéristiques des HVP :
4. Problèmes rencontrés et modifications effectuées :
5. Aperçu des brûleurs HVP disponibles sur le marché

### **IX. Bilan résumé de l'état des connaissances en production et utilisation des HVP**

## **3<sup>ème</sup> partie : Proposition de programme d'expérimentation**

### **I - FILIERE TOURNESOL**

Fiche n° 1 : Optimisation de la filière en Aquitaine

### **II – UTILISATION DES HUILES VEGETALES A LA FERME**

Fiche n° 2 : Brûleur et chaudière domestique

Fiche n° 3 : Petite cogénération

### **III – UTILISATION DANS L'INDUSTRIE**

Fiche n° 4 : Brûleur industriel

**Fiche n° 5 : Cogénération industrie (projet à venir en 2008)**

### **Fiche n°6 : Utilisation d'HVP dans les moteurs de bateaux de pêche professionnelle**

### **IV – PROPOSITION DE CAHIER DES CHARGES DE PROJETS D'UTILISATION DE HVP**

### **Annexes :**

- ⇒ **Cartes production d'oléagineux en France**
- ⇒ **Traduction des résultats de l'étude 100 tracteurs**

## Abréviations et sigles

ACE	Aide aux Cultures Energétiques
AGRICE	Agriculture pour la Chimie et l'Energie
BIODIESEL	esters méthyliques d'huile de colza ou de tournesol
CETIOM	Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitain
CIRAD	Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement
ETBE	éthyl tertio butyl ether
GNV	gaz naturel pour véhicules
GPL	gaz de pétrole liquéfié carburant
HVN	Huiles végétales naturelles
HVP	Huiles Végétales Pures
NOex	Oxyde d'AzotePCI
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur
TIC	Taxe Intérieure de Consommation
TIPP	Taxe intérieure sur les produits pétroliers

## **Introduction**

Le contexte énergétique récent (forte remontée du baril de pétrole) et les préoccupations environnementales (accords de Kyoto et souci de limiter les émissions de gaz à effet de serre) conduisent certains acteurs socio-économiques, issus notamment du monde agricole et para agricole, à s'intéresser à l'utilisation des huiles végétales pures, pour des usages énergétiques, comme la carburation automobile (biocarburants), les moteurs fixes (pompes, groupes électrogènes), la combustion (chauffage de bâtiments, serres...), ou certaines applications industrielles (lubrifiants, solvants non toxiques, peintures, encres...).

Ces huiles sont produites à partir d'oléagineux (colza, tournesol...) sur des terres agricoles, en jachère ou non, en plus ou moins grandes quantités selon les sols et les contextes économiques et agricoles. Le secteur agricole et certaines collectivités territoriales leur accordent une attention de plus en plus importante et s'interrogent sur leur utilisation comme alternative partielle aux énergies d'origine fossile.

L'ADEME et le Conseil Régional d'Aquitaine ont considéré qu'il était nécessaire, face à cet engouement, de faire le point afin d'apporter aux différents interlocuteurs régionaux le maximum d'éléments d'information. L'objectif est de conforter ces filières en devenir, en rassemblant et analysant les éléments factuels pour orienter vers celles qui semblent réunir le maximum de chances de réussite.

La suite doit en être un appel à projet d'expérimentations, sur ces voies les plus prometteuses

Le présent rapport final a notamment pour objectif de réaliser un état des lieux de la situation et des expérimentations concernant l'utilisation des huiles végétales pures (hors carburation automobile), en particulier de colza et de tournesol, principales cultures oléagineuses d'Aquitaine.

## **SYNTHESE**

Le contexte énergétique (baril de pétrole) et environnemental (accords de Kyoto) conduisent les milieux agricoles et para agricoles à s'intéresser aux huiles végétales pures pour des usages énergétiques (carburant automobile, moteurs fixes, combustion directe, cogénération).

Ces huiles sont produites à partir d'oléagineux (colza, tournesol...) sur des terres agricoles en jachères ou non. L'étude s'est fixé pour objectif un état des lieux de la situation et des expérimentations concernant l'utilisation énergétique des huiles végétales pures, hors carburant automobile, et s'est intéressé plus particulièrement au tournesol, principale culture d'oléagineux en Aquitaine.

### **L'approche économique et énergétique**

Le colza et le tournesol sont riches en huile : 42 à 44 % du poids brut. Le marché mondial représente 86 millions de tonnes par an, la France et l'Aquitaine représentant respectivement 1,6 et 0,5 % de la production totale d'huile végétale pure.

En France, les principales régions de production pour le colza sont situées au nord de la Loire et en Poitou Charente, alors que le sud-ouest est plus particulièrement tourné vers la production de tournesol. Les autres cultures d'oléagineux (soja...) sont marginales.

### **Les filières de production d'huile végétale pure**

On distingue deux grandes filières :

- ⇒ La production industrielle
- ⇒ La fabrication artisanale.

Dans l'industrie, le process permet d'obtenir un haut rendement d'huile sur la base d'une série d'opérations comprenant la pression, l'extraction à l'aide d'un solvant alimentaire, le raffinage pour éliminer les composés gênants. L'huile obtenue peut être stabilisée et stockée sur une longue durée.

La production artisanale comprend les opérations suivantes : pressage/trituration à froid, décantation pour supprimer les impuretés, filtration nécessaire pour toute utilisation, notamment dans des moteurs ou des chaudières. La filtration est une opération délicate qui doit être effectuée avec un matériel de qualité, bien entretenu .

En productions industrielle ou artisanale, on obtient deux produits complémentaires :

- ⇒ huile végétale pure
- ⇒ le tourteau qui peut être valorisé en alimentation animale, en énergie, agronomie...

La valorisation des tourteaux constitue une obligation qui, à défaut d'être satisfaite, peut bloquer le développement de l'utilisation d'huile pure pour des usages non alimentaires.

## **Productivité agricole et bilan énergétique de la filière huile végétale**

La productivité agricole à l'hectare est assez faible : entre 0,8 et 1,2 tonnes d'huile auxquelles s'ajoutent 1,4 à 2 tonnes de tourteaux. La quantité d'énergie hors tourteau est comprise entre 8 et 13 MWh/ha/an, nettement plus faible que pour une culture lignocellulosique ou ligneuse destinée à l'énergie (TCR de peupliers ou roseaux de Chine).

Le bilan énergétique par contre est relativement bon puisqu'on peut obtenir respectivement 3 kWh (production industrielle) et 4 à 6 kWh (production artisanale) d'énergie renouvelable/par kWh d'énergie fossile consommée.

La production d'huile végétale pure demeure relativement coûteuse : environ deux fois plus élevée que le pétrole à 60-70 \$/baril. Le prix de revient de l'huile de tournesol vierge est actuellement compris dans une fourchette de 50 à 70 €/MWh, comparable donc au prix du fioul domestique TTC. Par contre, il est nettement plus élevé que celui des biomasses d'origines ligneuse et lignocellulosique (bois énergie, paille, granulés...) qui se situent dans une fourchette de 13 à 25 €/MWh (30 à 35 € pour le granulé de bois ou de paille).

## **Les usages énergétiques des huiles végétales hors carburation automobile**

On distingue trois grandes applications possibles :

- ⇒ les moteurs fixes,
- ⇒ la combustion directe,
- ⇒ la cogénération.

L'huile de tournesol utilisée dans des moteurs permet d'obtenir des performances équivalentes (puissance, rendement, émissions atmosphériques) à celles du fioul domestique. Cependant, les modifications de moteurs standard sont délicates et coûteuses et il vaut mieux recourir à des moteurs spécialement adaptés au produit, ou opérer des transformations indispensables (kit de bicarburation).

En combustion directe, il est indispensable d'avoir un brûleur adapté à l'huile, proposé actuellement par des constructeurs allemands ou italiens. La combustion des huiles dans des brûleurs industriels de forte puissance adaptés à du fioul lourd ne semble pas poser de problème particulier, moyennant des réglages adéquats.

Lorsque les tourteaux ne peuvent pas être valorisés en alimentation animale, on peut envisager leur combustion. Toutefois, le taux de composés azotés dans les fumées ne permet pas de respecter les normes en vigueur. On suggère donc une voie de recherche technologique : l'extraction des protéines utilisables dans l'alimentation animale afin de ne brûler qu'un composé lignocellulosique pauvre en azote.

La cogénération industrielle a été développée dans plusieurs pays européens grâce à des prix d'achat de l'électricité renouvelable élevée, mais essentiellement à partir d'huile de palme importée d'Indonésie ou de Malaisie. En petite puissance (5 à 100 kWé) des constructeurs proposent des groupes électrogènes pouvant fonctionner en cogénération. Ce type de matériel est plutôt adapté aux sites isolés nécessitant une autonomie énergétique.

## **Réglementation et fiscalité**

Plusieurs dispositifs européens et nationaux encouragent le développement de l'utilisation de l'huile végétale pure, par exemple la directive biocarburant.

Les agriculteurs peuvent disposer d'aides à la jachère et d'aides aux cultures énergétiques (ACE).

La défiscalisation profite essentiellement aux biocarburants mais est moins attractive pour les biocombustibles moins frappés par la Taxe Intérieure sur la Consommation (TIC).

Depuis janvier 2006, la Loi d'Orientation Agricole autorise l'utilisation d'huile végétale pure en tant que carburant agricole avec exonération de TIC sous certaines conditions. L'utilisation en substitution du fioul domestique pour le chauffage est également autorisée.

Par contre, l'huile végétale ne bénéficie pas de crédit d'impôt.

Concernant l'électricité, la biomasse d'origine végétale bénéficie d'une obligation d'achat, mais avec un tarif très bas (en comparaison avec les prix pratiqués ailleurs en Europe). Ce tarif est en cours de réexamen.

## **Utilisation des huiles végétales pures dans des moteurs diesels fixes, à régime constant ou variable.**

Les moteurs diesels à injection indirecte ne nécessitent que peu d'adaptations pour accepter les HVP comme carburant, quel que soit le taux de mélange avec des fiouls. En revanche, les moteurs diesels à injection directe présentent des encrassements des chambres de combustion lors de l'utilisation d'HVP, sauf dans les zones de charge (puissance délivrée) élevée. Des « kits de bicarburant », basculant du fioul à l'HVP sur une information *puissance*, peuvent être utilisés quand une part significative de la « vie » du moteur a lieu dans des zones de puissance élevée. Sinon, il faut soit modifier les moteurs, soit utiliser des moteurs spécialement conçus pour les HVP.

Lorsque les moteurs diesels sont adaptés aux HVP, Les performances sont identiques à celles observées au fioul et la pollution à l'échappement est en faveur des huiles végétales. Par ailleurs, la longévité des moteurs est accrue quand ils utilisent les huiles végétales pures.

## **Utilisation des huiles végétales pures dans les brûleurs**

Les caractéristiques énergétiques des huiles végétales sont suffisamment proches de celles du fioul pour que l'on puisse s'attendre à une substitution aisée dans les brûleurs.

Il apparaît que le réchauffage de l'huile pure, ou des mélanges avec du fioul, est indispensable pour se rapprocher de la viscosité du fioul seul. Ceci est nécessaire pour permettre l'allumage de la flamme.

L'augmentation de la pression de pulvérisation permet l'amélioration de la combustion des HVP avec, dans certains cas observés, l'absence d'imbrûlés et de très bons résultats en rendement et taux de polluants dans les fumées.

Les brûleurs de grosses puissance (> 1000 kW) et ceux de moyenne puissance (entre 50 et 1000 kW) qui sont équipés pour des fiouls lourds, peuvent être adaptés pour les HVP sans surcoûts significatifs. En revanche, les petits brûleurs (< 50 kW) doivent être équipés de réchauffeurs et de systèmes de pulvérisation compatibles avec les HVP qui amènent le plus souvent à des surcoûts de 100 %.

Enfin, si les initiatives semblent nombreuses, il y a peu d'exemples d'utilisation d'HVP en brûleurs présentant des bilans complets exploitables.

**En conclusion**, l'étude a permis de répertorier les atouts mais également de pointer les obstacles au développement de l'utilisation de l'huile végétale pure qui doivent être levés.

Un programme d'expérimentation a donc été proposé :

1. l'optimisation de la filière tournesol en Aquitaine (technico-économique, comparaison entre démarche individuelle et collective...);
2. Installation et suivi d'un brûleur adapté pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire domestiques ;
3. installation et suivi d'une installation de petite cogénération à l'huile végétale à la ferme ou dans une petite unité artisanale ;
4. étude comparative des performances d'un brûleur/chaudière industriels utilisant des huiles végétales pure et des huiles alimentaires usagées dans une blanchisserie industrielle en Dordogne.

Il convient d'attendre les résultats de ces expérimentations avant d'encourager les agriculteurs à produire de l'huile végétale à échelle industrielle et aux utilisateurs de recourir à une énergie renouvelable qui présente d'incontestables qualités mais soulève encore des questions technico-économiques à différents stades de la filière, non éclaircies à ce jour.

Une journée technique sera organisée en octobre 2006 pour présenter les perspectives de développement local de l'utilisation des huiles végétales pures (hors carburant) en Aquitaine.

## **Méthodologie**

L'étude a été réalisée avec le concours d'un comité de pilotage, constitué de :

- ⇒ Alain LHUILLIER, ADEME DR Aquitaine
- ⇒ Christophe HEVIN, ADEME DR Midi-Pyrénées
- ⇒ Pascal LATORRE, Conseil Régional d'Aquitaine
- ⇒ Frédérique MASSAT, Alain FAUCONNIER, René-Marc WILLEMOT, Alain LESOIN, Conseil Régional Midi-Pyrénées,
- ⇒ Jean-Yves PROUST, DRIRE Aquitaine
- ⇒ Laëtitia SEGUINOT et Philippe LANSADE, Chambre régionale d'agriculture d'Aquitaine
- ⇒ Nicolas TRILLAUD, Delphine DROYER, Chambre d'agriculture du Lot et Garonne
- ⇒ Frédéric PERRIN, Institut des Huiles Végétales pures
- ⇒ Xavier PAGES, ITERG
- ⇒ Paul CAMMAL, HORTIS Aquitaine
- ⇒ Fanny FAUCON, FR CUMA Aquitaine

Le groupe de pilotage s'est réuni plusieurs fois à Bordeaux :

- ⇒ Le 26 octobre 2006, pour le lancement de l'étude,
- ⇒ Le 29 mars 2006 pour la présentation du rapport intermédiaire,
- ⇒ Le 30 mai 2006 pour la présentation des conclusions de l'étude.

Nous remercions les membres du groupe de pilotage et tous ceux qui nous ont communiqué des informations.

## **1<sup>ère</sup> partie : approche agronomique et énergétique**

## I – La production d’huiles végétales

Le colza et le tournesol sont riches en huile, respectivement 42 % et 44 % du poids brut et sont d’abord destinées à l’alimentation humaine. L’huile est extraite par des procédés plus ou moins complexes dans des usines de trituration ou des huileries artisanales. Un sous-produit (le tourteau), riche en protéine végétale (32 à 36 %) est ensuite utilisé en alimentation animale essentiellement (ruminants, porcs et volailles).

### 1. A l’échelle mondiale

Le marché mondial des huiles végétales représente 86 millions de tonnes, 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, dont 1,4 en France, soit 1,6 % de la production mondiale d’huile végétale. Avec 0,4 millions de tonnes de colza et de tournesol (dont 0,35 de tournesol), l’Aquitaine représente 0,5 % de la production mondiale d’huile végétale pure.

#### Production d’huile végétale

	En millions de tonnes	En %	€/1000 litres (10 MWh)	€/MWh
<b>Production mondiale</b>	<b>86</b>	<b>100</b>		
Soja	24	28		<b>60 à 70<sup>i</sup></b>
Palme	20	23		
Colza	13	27	600 à 700 €	
Tournesol	10			
Autres (arachide, coprah...)	19	22		
<b>Europe</b>	<b>9</b>	<b>10,5</b>		
<b>France</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>		
<b>Aquitaine</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>		
Dont tournesol	0,35			
<b>Pour mémoire, FOD rendu</b>				<b>50 à 55</b>

<sup>1</sup> Sortie usine (transport en sus)

*Sources : Oil World Annual – ISTA 2000, CIRAD 2003 et Chambre Agriculture Centre 2005*

Le prix de revient moyen des huiles végétales pure au niveau international est de 600 à 700 € pour 1 000 litres, ce qui situe ces produits pour des usages énergétiques, dans une fourchette comprise entre 60 et 70 €/MWh (sortie usine, hors transport), à comparer au prix du FOD actuellement entre 50 et 55 €/MWh rendu. L’intérêt économique de l’utilisation énergétique de ces huiles n’est établi qu’avec une valorisation des tourteaux (sous-produit du pressage des oléagineux) en alimentation animale, amendement organique, combustion...

### 2. En Europe

### Le colza

En Europe(25), les surfaces en colza progressent régulièrement depuis 2000 (100 000 ha supplémentaires par an ), surtout en Allemagne et au Royaume-Uni. Elles sont évaluées à environ 4,5 millions ha (dont un peu plus de 1million ha dans les nouveaux Etats membres). L'année 2004 a atteint des niveaux de production record avec 20 % de plus que la moyenne sur les 5 récoltes précédentes.

Les cinq principaux producteurs de colza (90 % de la production) sont :

- ✓ l'Allemagne (5,2 Mt), soit 1/3 de la production 36 %
- ✓ la France (4 Mt), soit 1/4 de la production 27 %
- ✓ le Royaume-Uni (1,7 Mt) 12 %
- ✓ la Pologne (1,4 Mt) 9 %
- ✓ la République Tchèque (0,9 Mt) 6 %

Pour l'ensemble des pays européens, la moyenne des rendements s'est établi à 34 q/ha en 2004 (avec un maximum de 41 q/ha en Allemagne).

### Le tournesol

Au niveau européen, les surfaces de tournesol ont diminué en 2004 (gel des cultures d'hiver) et sont revenues au niveau de 2002 avec 3,7 Mt (- 8 % par rapport à 2003).

Les principaux producteurs de tournesol sont :

- ✓ la France (1,4 Mt) 38 %
- ✓ la Hongrie (0,9 Mt) 24 %
- ✓ l'Espagne (0,8 Mt) 22 %

La prochaine vague d'élargissement de l'Union européenne fera entrer la Roumanie et la Bulgarie, gros producteurs de tournesol.

Le rendement moyen par hectare (entre 20 et 25 qx/ha d'après les statistiques agricoles)<sup>1</sup> est nettement plus faible que celui du colza (rapport de 3 pour 2).

### Le soja

En 2004, après une hausse de 12 % par rapport à 2003, la production de soja s'est élevée à 780 000 tonnes, avec l'Italie comme principal producteur(500 000 t).

D'autres production d'oléagineux sont pratiquées (lin, pastel...) mais en quantités moins significative.

### Europe : Production d'oléagineux en millions de tonnes

	Graines	Huile (1/3)	Tourteaux (2/3)

<sup>1</sup> Il est plutôt estimé à 25-30 qx/ha actuellement.

<b>Europe</b>	<b>20,0</b>	<b>6,8</b>	<b>13,2</b>
<b>France</b>	<b>5,5</b>	<b>1,9</b>	<b>3,6</b>
<b>Aquitaine</b> <i>Dont Tournesol</i>	<b>1,2</b> <i>1</i>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>

Sources : PROLEA + Statistiques agricoles annuelles 2004

**La France et l'Aquitaine ne représentent respectivement qu'environ 5 et 1 % de la production européenne d'oléagineux.**

### 3. En France

Les surfaces en oléagineux sont à peu près stables depuis 2003 et s'établissent à 1,8 millions d'ha. La moyenne des rendements sur 5 ans a été de 28 q/ha (tous oléagineux) ; elle a été plus importante en 2004 (conditions climatiques favorables) puisqu'elle dépasse 31 q/ha.

Production d'oléagineux en 2004

	Europe			France		
	Millions de tonnes	Millions d'ha	Rendement q/ha	Millions de tonnes	Millions d'ha	Rendement q/ha
Colza	15,2	4,5	33,8	3,9	1,1	35,5
Tournesol	4,1	2,1	19,5	1,4	0,6	23,3
Soja	0,7	0,3	23,3	0,2	0,06	33,3
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>6,9</b>	<b>-</b>	<b>5,5</b>	<b>1,8</b>	<b>-</b>

Source : Proléa

Cette production est inégalement répartie sur le territoire et se situe essentiellement dans la moitié Nord du pays et le Sud-Ouest (voir carte en annexe).

#### Le colza

Cette production concerne essentiellement la moitié Nord de la France. Avec une moyenne sur 5 ans de 30 q/ha, le colza poursuit sa progression (+ 5 % de surfaces en 2003 et + 4 % en 2004) et a atteint en 2005 un rendement moyen de 35,5 q/ha. La production française de colza a été supérieure à 20 % par rapport à l'année précédente.

En 2003, les cultures industrielles (hors et sur jachère) se sont élevées à 292 000 ha (avec un taux de jachère de 10 %).

En 2004, la Commission Européenne a décidé d'abaisser le taux de jachère de 10 à 5 %. Les surfaces de colza industriel non alimentaire ont alors été ramenées à 276 000 ha (- 20 %), dont 152 000 ha sur jachère.

L'Aide aux Cultures Energétiques (ACE) concerne 126 000 ha, soit 45 % des cultures industrielles d'oléagineux (voir carte en annexe).

## Le tournesol

Cette culture (616 000 ha) se trouve plutôt dans le Centre et le Sud-Ouest de la France. En 2004, le tournesol a subi des dégâts dus au gel sur les cultures d'hiver et ses surfaces ont donc diminué. Ce sont surtout les cultures non alimentaires qui ont régressé, passant de 47 000 ha à 21 000 ha (dont 17 000 ha en jachère industrielle), 4 500 ha ayant été contracté dans le cadre du nouveau dispositif d'Aide aux Cultures Energétiques.

La production française s'est pratiquement stabilisée à 1,5 MT par an avec une reconversion partielle en tournesol oléique (21 % des surfaces). Les rendements moyens ont augmenté et s'établissaient en 2004 à 24 q/ha mais avec de fortes disparités entre les régions (moins de 20 q/ha en moyenne au sud de la Loire à 40 q/ha et plus, au Nord de la Loire). Voir carte en annexe.

## Le soja

En France, **le soja** est surtout produit dans le Sud-ouest (80 % en Midi-Pyrénées, Aquitaine et Aude). Cette culture est fragile et nécessite souvent l'irrigation. En 2004, avec 60 000 ha, les surfaces sont en baisse de 25 % (sécheresse).

Les rendements sont en moyenne de 25 q/ha, progression qui compense le recul des surfaces et aboutit à une production métropolitaine stabilisée à 150 000 t/an (voir carte en annexe).

### Production de tournesol et de colza dans le Sud-Ouest en 2004 (cf. annexe 1)

Région	Tournesol			Total colza		
	Superficie (ha)	Rendement En t/ha	Production récoltée En tonnes	Superficie (ha)	Rendement En t/ha	Production récoltée En tonnes
AQUITAINE	41 195	2,4	99 770	6 595	2,9	19 452,0
MIDI-PYRENEES	169 570	2,1	3 61 946	18 400	2,9	52653,0
LANGUEDOC-ROUSSILLON	20 260	1,9	37 505	1 840	2,9	53 48,0
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	7 680	2,3	17 817	1 493	2,2	32 82,5

Source : Statistique agricole annuelle 2004

## II – Les filières de production d’huile végétale pure

### 1. Production industrielle

La production industrielle permet d’obtenir un haut rendement en huile à partir des graines de colza et de tournesol. Après stockage et tamisage dans des silos, la production d’huile se déroule en plusieurs phases :

#### *a. Pression*

Les graines sont aplaties par des cylindres et transformées en « flocons ». Ces derniers sont « cuits » à 80°C pour faciliter l’extraction de l’huile lors de leur passage dans une presse. On obtient alors :

- De l’huile de pression (tamisée et séchée sous vide à 100°C pour pouvoir être conservée dans de bonnes conditions). Cette huile est directement raffinée pour obtenir des huiles de première pression.
- Des tourteaux gras contenant 12 à 20 % d’huile.

#### *b. Extraction*

Cette opération consiste à extraire l’huile du tourteau gras à l’aide d’un solvant alimentaire (l’hexane). A l’issue de cette phase, on obtient :

- du marc à 20-30 % d’hexane,
- du miscella (mélange de solvant et d’huile).

On procède alors aux deux phases suivantes :

- la distillation du miscella (chauffage sous vide puis condensation pour séparer les deux composants). On obtient alors une « huile brute d’extraction » qui sera séchée sous vide à 100°C pour sa conservation.
- La désolvantation du tourteau par passage à la vapeur dans une tour. Le tourteau sort sous forme de granulés et ne contient plus que 2 % d’huile.
- Le solvant est récupéré et réutilisé dans le process.

#### *c. Raffinage*

Les huiles de pression ou d’extraction ne sont pas directement utilisables pour l’alimentation ou des usages non alimentaires (odeurs, goût, couleur,...). Le raffinage permet d’éliminer les composés gênants :

- Les phospholipides sont éliminés par brassage avec de l’eau acidulée et centrifugation,
- Les acides gras libres sont séparés au moyen d’une solution de soude ; la centrifugation élimine les savons puis on lave l’huile (neutralisation du goût),
- La décoloration s’effectue par brassage à 90°C avec de la terre décolorante puis une filtration ;
- On élimine les cires du tournesol.



par heure, selon la dimension de l'installation. Il est possible de presser différents types de graines oléagineuses avec la même presse.

Le prix des presses s'échelonne de 1 500 € à plus de 150 000 €, c'est pourquoi il est important de définir les besoins avant de choisir la presse.

Toutes les presses sont équipées d'une vis, mais la cage de presse et la forme de la vis sont différentes d'un matériel à l'autre :

- ✓ **Presse à barreaux (40kg/h à plus de 2 000 kg/h)** : l'huile passe à travers des barreaux ou des anneaux dont l'espacement est réglable en fonction du type de graines à presser. Un diamètre croissant de la vis augmente la pression sur les graines. L'espacement en sortie de presse est également réglable, les tourteaux sortent sous la forme de plaquettes ou écailles.
- ✓ **Presse à vis (< 50 kg/h) pour les petites capacités.** Le corps de la presse est percé pour permettre l'écoulement de l'huile au fur et à mesure du pressage. La vis présente un diamètre croissant pour augmenter la pression en fin de parcours des graines. Les tourteaux passent dans des buses interchangeables dont ils épousent la forme. Une bague de réchauffement évite les blocages dans les buses au démarrage. Les tourteaux sortent sous forme de granulés.

Selon le type de presse, on obtient des tourteaux avec des teneurs en matières grasses différentes allant de 7 à 25 %. Le rendement d'extraction est lié à la vitesse de rotation de la vis et au diamètre de la buse de sortie<sup>3</sup> : plus la vitesse de rotation est faible et le diamètre de la buse réduit, plus le rendement d'extraction est élevé. Toutefois dans ce cas, le rendement horaire décroît.

Il faut privilégier une pression à basse température. Un cisaillement trop important des graines produit une élévation de température de l'huile. **On ne dispose pas d'étude comparative précise sur les différences d'élévation de températures de l'huile selon les deux systèmes.** Ce point est pourtant important, car une température élevée favorise la libération dans l'huile des phospholipides contenus dans les parois cellulaires des graines. **Ces derniers sont des facteurs d'encrassement lors d'une utilisation dans des moteurs ou des brûleurs. Précisons que l'apparition de phospholipides en quantités indésirables est surtout liée au pressage du colza. Ce n'est généralement pas le cas pour les graines de tournesol qui, en revanche, génèrent des cires tout aussi indésirables.**

---

<sup>3</sup> Tests de Valbiom, cités par MH. NOVAK, JM. JOSSART « Diversification agricole : guide pour la production et les débouchés d'huile et de tourteau de colza à la ferme ». Juin 2004  
Perspectives d'utilisation des HVP (hors carburant), DEBAT/CIRAD, juin 2006

### ***b. Décantation***

La décantation est la manière la plus simple et la moins coûteuse pour nettoyer l'huile (les particules se déposant en fond de cuve). Cependant, cette technique engendre une perte d'huile dans le sédiment.

Selon les utilisateurs et la température (la viscosité augmente si la température baisse), les durées de décantation s'échelonnent de 72 h à plus d'une semaine, mais il ne faut pas dépasser 3 mois entre le pressage et la filtration pour limiter l'oxydation.

### ***c. Filtration***

**Pour utiliser l'huile dans un moteur ou comme combustible en chaudière, il est nécessaire de nettoyer l'huile par filtration.** Celle-ci s'effectue soit directement en sortie de presse, soit après des phases de décantation.

Pour éviter l'encrassement des filtres à gazole des moteurs, il faut une filtration minimum de l'huile de 5  $\mu\text{m}$ , mais on peut affiner jusqu'à un diamètre de 1  $\mu\text{m}$ .

La filtration de l'huile de colza s'effectue à température ambiante, mais pour le tournesol il est impératif de filtrer à moins de 15°, afin que les cires solidifiées soient piégées dans le filtre.

Trois types de filtres sont utilisés :

#### ✓ Les filtres à cartouche

Les cartouches, qui doivent être changées tous les 6 000 à 8 000 litres, éliminent les particules  $>$  à 1  $\mu\text{m}$ . Ces filtres sont interdits pour les usages alimentaires en raison des composés utilisés pour leur fonctionnement.

#### ✓ Les filtres à plaques

Des cadres de filtration en coton ou en polypropylène retiennent les impuretés. L'huile est « recirculée » à travers le « gâteau » formé par les impuretés jusqu'à ce qu'on atteigne le degré de filtration souhaité (filtration par accumulation).

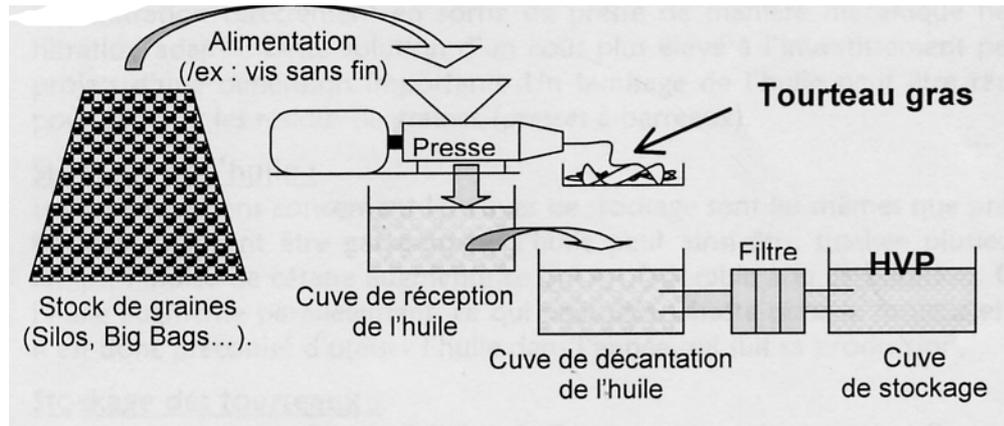
Une autre technique consiste à faire passer l'huile sous pression entre les cadres (filtration tangentielle). L'huile ne fait alors qu'un seul passage.

#### ✓ Les filtres à poches

Des poches existent en différentes matières et plus plusieurs grades de filtration (100 à 1  $\mu\text{m}$ ). La plupart sont lavables et peuvent être utilisées 3 à 4 fois. Ces poches sont adaptées aux petites productions ( $<$  1000 litres/jour) telles que celles des circuits courts.

Il existe de nombreuses presses à froid de différentes capacités, mais seuls quelques modèles sont utilisés en France (TÄBY 55, Mécanique Moderne, Oléane 50, Oekoteck et Reinartz AP08).

Pour la filtration, de nombreux filtres sont disponibles sur le marché mais seuls quelques-uns sont utilisés, souvent pour des raisons de disponibilité ou parce que les vendeurs de presses fournissent le filtre.



Source : Chambre agriculture Lot et Garonne « Huile Végétale pure, production et valorisations à la ferme et IFHVP »

### ***Une étude sur les huiles végétales pures dans la Région Centre***

Dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude, une enquête a été réalisée par Johann Barthélémi<sup>1</sup> en région Centre.

Celle-ci montre que les connaissances dans le domaine des huiles végétales pures sont confuses :

- ✓ elles sont souvent confondues avec l'EMHV
- ✓ de fausses certitudes sur la législation sont bien ancrées à cause d'informations erronées
- ✓ certains groupes ne se rendent pas compte de la charge de travail que peut demander l'atelier.

L'étude identifie 2 catégories d'agriculteurs :

- ✓ Les convaincus, qui se sont déjà lancés par conviction et font leur propre expérience. L'aspect économique n'est pas pris en compte ou vient au second plan.
- ✓ Les prudents, intéressés mais qui attendent des garanties avant de se lancer. Pour ces derniers, l'aspect économique a un poids important mais pas essentiel. Les aspects législatifs freinent certains d'entre eux.

Les besoins des agriculteurs sont de plusieurs ordres :

- ✓ Technique : quels matériels sont disponibles ? Comment produire et utiliser de l'huile végétale pure ?
- ✓ Economique : quel est le prix de revient de l'huile végétale pure ? Est-ce réellement intéressant ?
- ✓ Législatif : quelle est la situation législative française sur les différentes utilisations ?

### ***Un outil d'aide à la décision a été mis en place***

Dans le prolongement de cette étude, la Chambre d'Agriculture de la Région Centre met à disposition des agriculteurs, une feuille de calcul automatique permettant des simulations de projets concrets. Elle est téléchargeable sur Internet : [www.centre.chambagri.fr](http://www.centre.chambagri.fr) -dossier économie- calcul du prix de revient de l'huile végétale pure. L'outil permet également de pointer les facteurs induisant les variations économiques et propose une liste de matériels adaptés.

### III – Les produits issus des huileries et leurs utilisations

Comme on l'a vu précédemment, on obtient deux produits principaux en sortie d'huilerie :

- ✓ l'huile végétale pure
- ✓ les tourteaux

#### 1. L'huile végétale pure

Elle est principalement utilisée pour l'alimentation mais peut être également utilisée comme carburant ou combustible. Cependant, l'huile végétale pure n'a pas les mêmes caractéristiques que le fioul (cf. Annexe n° 1 *Caractéristiques des huiles végétales pures*).

De ces caractéristiques, il ressort que par rapport au fioul :

- ✓ Le délai d'inflammation des vapeurs ou du produit est plus long (points éclair supérieurs)
- ✓ L'acidification de l'huile végétale pure entraîne une oxydation de l'huile préjudiciable à sa stabilité au stockage
- ✓ Il faut éviter la présence des phospholipides (par un pressage à froid à la ferme plutôt qu'un procédé industriel à chaud) pour éviter des dépôts dans le moteur
- ✓ Le tournesol commence à figer à  $-0^{\circ}$ , le colza à  $-11^{\circ}$  (le fioul à  $-35^{\circ}$ ) ; l'utilisation d'huile végétale pure en hiver peut poser des problèmes de solidification des huiles dans le réservoir

Les normes allemande et autrichienne de qualité pour un usage carburant et combustible sont théoriquement respectées par l'huile végétale pure, lorsque celle-ci est produite par pression à froid<sup>4</sup> dans une chaîne de production bien maîtrisée par l'exploitant (y compris la délicate phase de filtration finale).

En matière de production d'HVP, la situation actuelle peut être résumée dans l'encadré suivant :

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>PRESSAGE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Des presses sont disponibles. Elles satisfont aux besoins</li> <li>■ Il y a des fournisseurs+garantie+SAV</li> </ul> </li> <li>■ <b>FILTRATION / TRAITEMENT</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Itinéraires non définis</li> <li>■ Matériels inadaptés</li> <li>■ Résultats non garantis</li> </ul> </li> <li>■ <b>QUALITE DE L'HUILE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sensibilisation : très positif</li> <li>■ Compréhension des critères : faible</li> <li>■ Résultats : très bons sur colza (à valider sur tournesol)</li> </ul> </li> </ul>
---

<sup>4</sup> Projet TRICOF, mesures Novak et Jossart

Les presses disponibles sur le marché satisfont aux besoins y compris pour le pressage à froid. En revanche les équipements de filtration sont encore trop souvent inadaptés voire inefficaces. **Il y a un travail à faire sur la définition d'itinéraires de production depuis le pressage jusqu'au stockage en passant par la filtration et le traitement des HVP.**

Cependant il est à remarquer une amélioration significative de la qualité des HVP produites aujourd'hui comparées à celles d'il y a dix ans. Une enquête sur les qualités de lots d'huile de colza et de tournesol issues de circuits courts avait été effectuée par le Cirad en 1996. Le même type d'analyses est en cours au Cirad qui a déjà reçu un peu plus de 50 échantillons venant de toute la France :

- Sur le colza la qualité s'est nettement améliorée, les taux de phosphores moyens qui étaient de 50 à 100 ppm sont aujourd'hui tous inférieurs à 12 ppm avec une moyenne de 6 ppm. On retrouve la même tendance sur Ca et Mg. Les teneurs en eau sont très faibles.
- Sur le tournesol, on pourrait s'attendre aux mêmes constats. Mais les taux de phosphores sont généralement faibles alors que le taux de cires peut dépasser 1000 ppm. Actuellement l'analyse des cires est délicate et coûteuse et n'est donc pas pratiquée sur les lots reçus au Cirad. Or ces cires posent de vrais problèmes pour les filtres et provoquent des encrassements des chambres de combustion. Le décirage artisanal est difficile à opérer et cher. **Pour valider les itinéraires de production d'HVP tournesol, il serait nécessaire de développer une méthode de dosage moins coûteuse.** (Un seuil de 500 ppm maximum peut être un critère utilisable).

Il semble que la diffusion de la norme allemande de qualité d'huile de colza Biocarburant ait sensibilisé les exploitants d'huileries qui apportent plus de soins à leur production malgré les difficultés qu'ils rencontrent lors de la filtration.

### 3. Le tourteau

Les graines et tourteaux de colza ou de tournesol présentent un intérêt comme aliment chez différentes espèces animales. Les critères techniques et économiques à étudier pour l'utilisation des tourteaux gras sont :

- ✓ La qualité nutritionnelle (taux de cellulose, teneur en matière grasse, azote) et le seuil d'incorporation pour les différents types d'élevages.
- ✓ Le prix d'opportunité calculé en fonction de la valeur énergétique et des taux de protéines et de lipides assimilables.

Pour l'alimentation animale, les tourteaux ne peuvent se conserver au-delà de 3 mois (rancissement diminuant l'appétence), sauf s'ils subissent un séchage ou un traitement antioxydant.

**Les tourteaux industriels contiennent en général 2 % de matière grasse résiduelle alors que la teneur en matière grasse du tourteau issu de pressage à la ferme est beaucoup plus élevée (7 à 25 %), en fonction du type de presse, des réglages et des caractéristiques des graines<sup>5</sup>.**

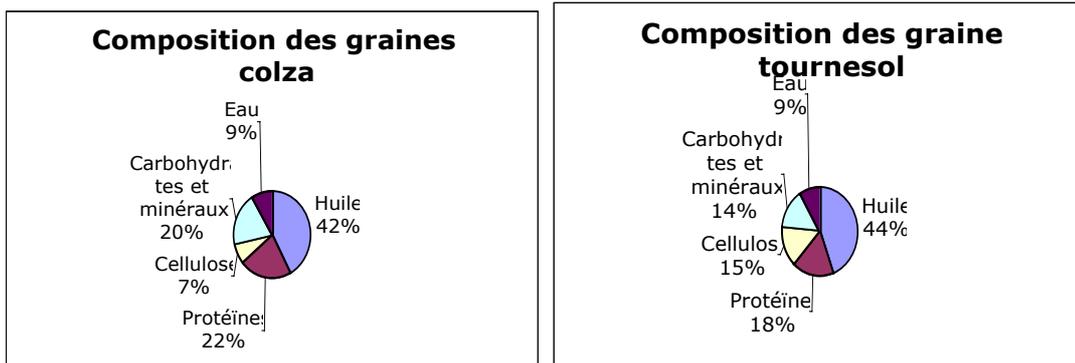
<sup>5</sup> JM LAMY, Chambre d'Agriculture Maine et Loire- Tourteaux fermier, enquête en élevage et valorisation par les vaches laitières.

Alors que le taux d'huile dans la graine est relativement constant (46,5 à 49,6 % du produit brut), la variabilité de la teneur en huile du tourteau est par contre importante (9 à 24 % du produit brut).

Ces larges plages d'efficacité des pressages semblent se réduire depuis l'apparition de modèles de presses mieux adaptés et grâce à la circulation d'informations sur les « bonnes pratiques ». De récents résultats indiquent des taux d'huile résiduelle ne dépassant pas 15 %<sup>6</sup>

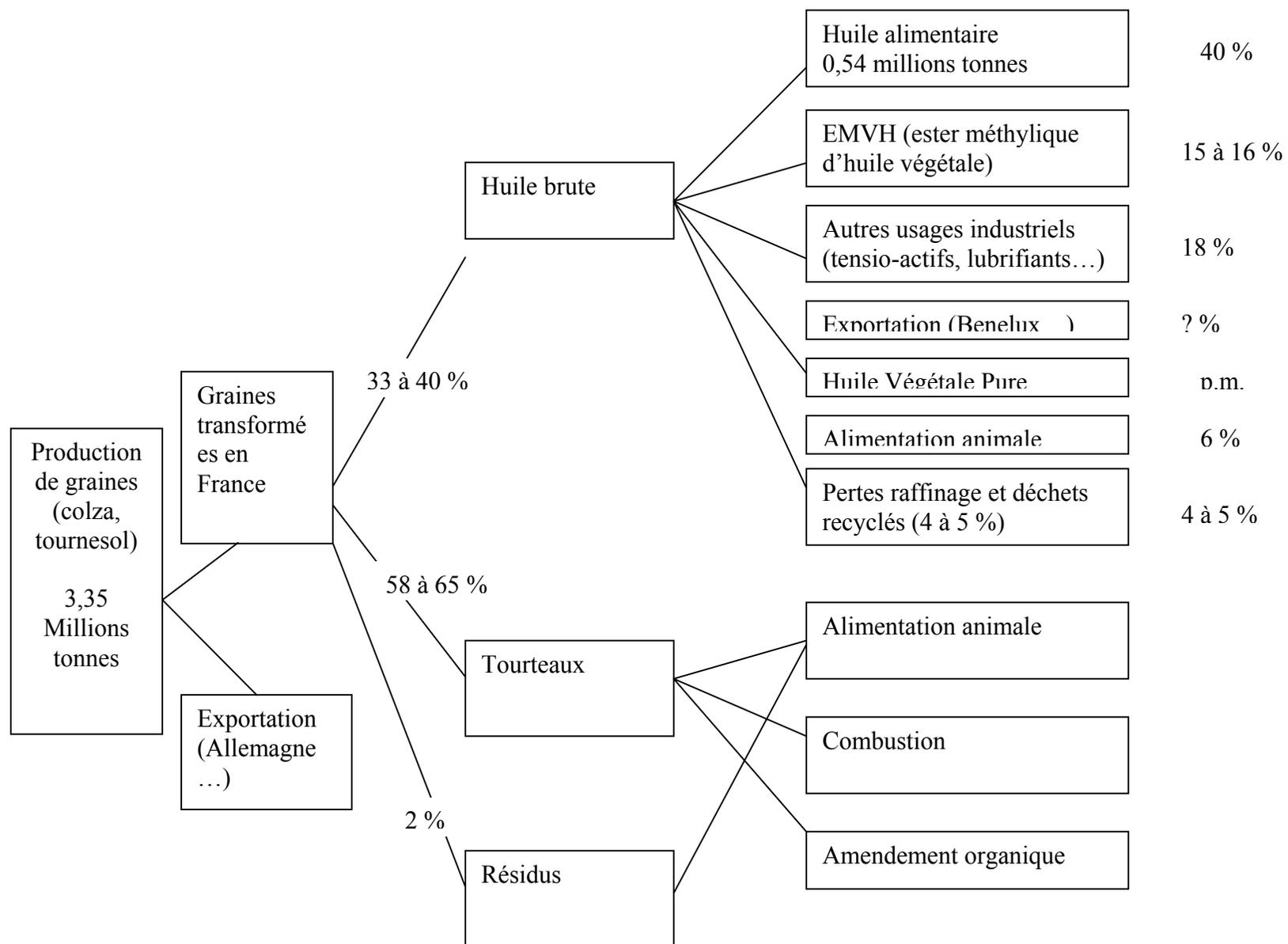
Les tourteaux peuvent également être valorisés :

- ✓ En tant qu'amendement/fumure évitant ainsi les engrais ; ces derniers représentant 50 % du coût énergétique de production des graines mais seulement 28 % des charges opérationnelles du colza et 16 % pour le tournesol (source Tessier – Index des prix et normes agricoles – Lavoisier 2005) ;
- ✓ Comme combustible dans des chaudières à granulés, sous réserve d'avoir résolu les problèmes d'alimentation (produit huileux augmentant les risques d'incendie).



<sup>6</sup> A. LIENNARD, Cirad, février 2006.

**Cycle de production/transformation et d'utilisation des oléagineux (colza et tournesol) en France – Sources : AGRESTE – février 2006**



## IV – Productivité agricole et bilan énergétique de la filière huile végétale

### a) Productivité agricole à l'hectare

#### Production de biomasse par hectare et par an

	Tonnes/ha	PCI MWh/t	MWh/ha.an	Indice	Co-produits
<b>Colza</b>	<b>1,2</b>	<b>10,8</b>	<b>13</b> <b>(23 avec</b> <b>tourteaux)</b>	<b>25</b> <b>(44)</b>	<b>2,1 t tourteaux</b>
<b>Tournesol</b>	<b>0,8</b>	<b>10,8</b>	<b>8,6</b> <b>(15,2 avec</b> <b>tourteaux)</b>	<b>16</b> <b>(29)</b>	<b>1,4 t tourteaux</b>
<b>Paille (en</b> <b>Aquitaine)</b>	<b>2,5-3</b>	<b>4</b>	<b>12</b> <b>(43,6 avec</b> <b>grains)</b>	<b>23</b> <b>(83)</b>	<b>7,5 t blé</b>
<b>Miscanthus</b> <b>sinensis (roseau de</b> <b>Chine)</b>	<b>28</b> <b>(18t MS)</b>	<b>3,2</b>	<b>90</b>	<b>172</b>	
<b>TCR (peupliers)</b>	<b>18</b> <b>(10 t MS)</b>	<b>2,9</b>	<b>52,2</b>	<b>100</b>	
<b>Production</b> <b>forestière</b> <b>traditionnelle (1<sup>ère</sup></b> <b>éclaircies, coupes</b> <b>rases)</b>	<b>5 à 8</b>	<b>2,9</b>	<b>14,5 à 23,2</b>	<b>28 à 45</b>	

Sources : Oil World Annual – ISTA 2000, CIRAD 2003 et Chambre Agriculture Centre 2005

En Europe, la productivité des oléagineux en équivalent énergétique (kWh/ha et par an) est faible, y compris en prenant en compte les tourteaux, lorsqu'on la compare à la productivité des oléagineux tropicaux (huile de palme...) ou à celle des cultures ligno-cellulosiques comme les taillis à croissance rapide ou les roseaux de Chine (rapport d'énergie brute récupérable de 1 à 4, voire à 6 par hectare cultivé).

Ce constat conduit donc à orienter la réflexion sur l'utilisation des huiles végétales vers des utilisations énergétiques à très haute valeur ajoutée comme les moteurs pour l'irrigation ou des groupes électrogènes.

La combustion directe pour la production de chaleur peut en effet être obtenue à partir de biocombustibles solides d'origine agricole ou forestière (bois déchiqueté, granulés...) dont la productivité à l'hectare est beaucoup plus élevée, et des prix du « MWh entrée chaudière » beaucoup plus faible.

On notera toutefois que les combustibles solides nécessitent des chaudières spécifiques assez coûteuses, ce qui n'est pas forcément le cas pour les huiles végétales, qui pourraient être brûlées sous certaines conditions, dans des chaudières et brûleurs à fioul domestique, après adaptation.

## **b) Bilan énergétique**

### **1. Filière industrielle**

Le pouvoir calorifique inférieur de l'huile végétale pure est de 10,8 kWh/kg (densité 0,915) et celui du tourteau industriel (2 % huile résiduelle) de 4,7 kWh/kg (source AGRICE).

**A partir d'1 tonne de graines de colza on produit 410 kg d'huile et 555 kg de tourteau, soit 7 036 kWh d'énergie brute.**

La culture d'1 ha de colza nécessite 5 978 kWh d'intrants énergétiques (engrais, carburant...), ce qui correspond à 1528 kWh /tonne graine produite.

A cette consommation d'énergie pour la production, il faut ajouter 347 kWh pour la transformation industrielle et 250 kWh pour le transport (sur 300 km).

**La production, la transformation et le transport d'une tonne de graine exige donc une dépense énergétique de 2125 kWh.**

On peut donc établir le bilan énergétique simplifié suivant :

Production d'huile + tourteau = 7 036 kWh /t

Consommation intermédiaire d'énergie = 2125 kWh/t

**Production nette d'énergie = 4911 kWh/t .**

Rappelons que plus on transforme la biomasse avant son utilisation, plus le rendement énergétique décroît. **En ce qui concerne les huiles, on peut considérer que chaque kWh consommé permet de produire 3,3 kWh d'énergies renouvelables. Ce bilan est plus favorable que pour la fabrication d'ester méthylique d'huile végétale (3 kWh produit pour 1 kWh consommé)<sup>7</sup> et a fortiori d'éthanol carburant (2 kWh produit pour 1 kWh consommé)<sup>8</sup>. Cependant, elle est nettement plus faible que celle des biomasses lignocellulosiques d'origines agricoles ou forestières (de 15 à 20 kWh produits par kWh utilisé pour l'abattage/broyage/transport du bois déchiqueté par exemple).**

<sup>7</sup> Rapport ADEME, décembre 2002 cité par le rapport PREVOT.

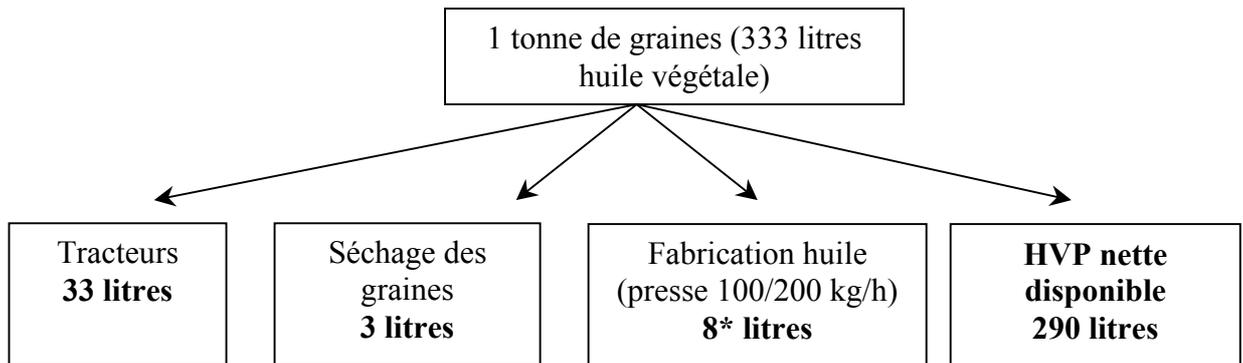
<sup>8</sup> idem

Perspectives d'utilisation des HVP (hors carburant), DEBAT/CIRAD, juin 2006

## 2. Circuit court (artisanal ou à la ferme)

Le colza et le tournesol produisent environ 1 000 litres éq fioul par hectare (1 litre de fioul = 1,08 l HVN)

### Bilan énergétique en circuit court



(\*) en passant par un groupe électrogène « à huile végétale » dont le rendement global est de 30 %

### Colza :

A partir d'1 tonne de graines de colza on produit 305 kg d'huile et 660 kg de tourteau à 12 % d'huile résiduelle, soit 7 090 kWh d'énergie brute.

Ms Graine	%	91,00
MG graines	% MS	46,15
MS tourteau	% MS	87,00
MG tourteau	% MS	13,79
Pertes essai	%	0
Masse de graines utilisée	kg	1000
Masse d'huile dans la graine	kg	420,00
Masse de tourteau prévisible	kg	<b>653,33</b>
Masse d'huile dans le tourteau	kg	78,40
Masse d'huile prévisionnelle	kg	<b>341,60</b>
Masse d'eau dans les graines	kg	90,00
Masse d'eau dans le tourteau	kg	84,93
Masse d'eau perdue	kg	5,07
Rendement huile	%	81,3%

La culture d'1 ha de colza nécessite 5 978 kWh d'intrants énergétiques (engrais, carburant...), ce qui correspond à 1528 kWh /tonne graine produite.  
A cette consommation d'énergie pour la production, il faut ajouter 25 kWh pour la transformation industrielle et 20 kWh pour le transport (sur 100 km).

**La production, la transformation et le transport d'une tonne de graine exigent donc une dépense énergétique de 1573 kWh.**

On peut donc établir le bilan énergétique simplifié suivant :  
Production d'huile + tourteau = 7 090 kWh /t  
Consommation intermédiaire d'énergie = 1573 kWh/t  
**Production nette d'énergie = 5 517 kWh/t.**

**On peut alors considérer que chaque kWh consommé permet de produire 4,5 kWh d'énergies renouvelables.**

### **Tournesol :**

**A partir d'1 tonne de graines de tournesol on produit 350 kg d'huile et 590 kg de tourteau à 12 % d'huile résiduelle<sup>9</sup>, soit 7 170 kWh d'énergie brute.**

La culture d'1 ha de tournesol nécessite 3570 kWh d'intrants énergétiques (engrais, carburant...), ce qui correspond à 1190 kWh /tonne graine produite.  
A cette consommation d'énergie pour la production, il faut ajouter 25 kWh pour la transformation industrielle et 20 kWh pour le transport (sur 100 km).

**La production, la transformation et le transport d'une tonne de graine exigent donc une dépense énergétique de 1235 kWh.**

On peut donc établir le bilan énergétique simplifié suivant :  
Production d'huile + tourteau = 7 170 kWh /t  
Consommation intermédiaire d'énergie = 1235 kWh/t  
**Production nette d'énergie = 5935 kWh/t.**

**On peut alors considérer que chaque kWh consommé permet de produire 5,8 kWh d'énergies renouvelables.**

Dans le cadre d'un circuit court, on a un bilan énergétique (ratio énergie brute produite/énergie intermédiaire consommée) plus élevé qu'avec la filière industrielle, mais cet élément favorable est contrebalancé par un rendement d'huile extraite plus faible.

---

<sup>9</sup> Cirad : Résultats de l'opération Tournesol biocarburant en Midi-Pyrénées, 2002.  
Perspectives d'utilisation des HVP (hors carburant), DEBAT/CIRAD, juin 2006

### **Equivalence énergétique et économique à la production**

Pétrole brut

60 \$/baril = 50 €/baril (parité 1,2€ pour 1\$)  
 soit, 50 € X 7 barils/TEP 350 €/TEP

Huile végétale pure

650 €/1000 litres = 9,8 MWh/1000 litres  
 soit 1 180 litres d'huile/TEP 767 €/TEP

Rapport = 1 à 2,2

Cependant, ce rapport doit être relativisé car le pétrole brut doit subir des opérations de raffinage plus coûteuses que l'huile végétale pure pour pouvoir être utilisé pour des usages énergétiques (carburant ou combustible) dans de bonnes conditions.

Prix des combustibles au 1<sup>er</sup> novembre 2005

<i>Combustible</i>	<i>Unité usuelle</i>	<i>Prix € hors TVA</i>	<i>Prix € hors TIPP</i>	<i>PCI</i>	<i>Prix du MWh € HT</i>	<i>Coût relatif en indice (base 100 fioul domestique)</i>
<b>Fioul domestique (tertiaire et petite industrie)</b>	hl	55,5	49,9	10 kWh/l	49,9	100
<b>Fioul lourd TBTS (petite et moyenne industrie)</b>	tonne	318	299,5	11,6 MWh/t	25,8	52
<b>Propane petite industrie</b>	tonne	620	620	12,8 MWh/t	48,4	97
<b>Gaz naturel petite industrie<sup>1</sup></b>	KWh PCI	3,36	3,36		33,6	67
<b>Huile alimentaire usagée (ECOGRAS)</b>	tonne	220		10 MWh/t	22	44
<b>Huile de tournesol vierge (données CIRAD)</b>	campagne 2002)	litre	0,65	9,8 kWh/l	66	132
	Scénario 1	litre	0,49		50	100
	Scénario 2	litre	0,34		35	70
<b>Pour Mémoire</b>						
<b>Bois énergie (mixte industrie, rebut, forêt)</b>	tonne	40		3 MWh/t	13,3	27
<b>Plaquettes forestières sèches</b>	tonne	65		3,4 MWh/t	17,6	35
<b>Granulés de bois</b>	tonne	120 à 150		4,4 MWh/t	30 à 35	60 à 70
<b>Paille de céréales</b>	tonne	70-90		4 MWh/t	20	40
<b>Miscanthus sinensis</b>	tonne	70-80		3,2 MWh/t	23,4	47
<b>Tourteaux</b>	tonne	115-150		4,7 MWh/t	24-32	48-64
<b>Blé (hors transport)</b>	tonne	1000		4,2 MWh/t	24	48
<b>Bois de chauffage</b>	Stère	40		1,5 kWh/st	26,7	53,5

Source : Energie Plus et DEBAT

## V - Les usages énergétiques des huiles végétales pures

### 1. La carburation automobile

Cet usage n'est pas l'objet du rapport. Nous indiquerons uniquement ce qui est transposable pour des moteurs fixes en termes de recommandations pour des expérimentations susceptibles d'aboutir à un fonctionnement satisfaisant.

### 2. Les moteurs à poste fixe (pompage, irrigation...)

Des opérations menées par ARM-Oréade Brèche-Cirad d'utilisation d'huile de tournesol dans des moteurs de tracteurs agricoles ou de groupes électrogènes<sup>10</sup> ont démontré la possibilité, après modification, d'obtenir des performances équivalentes (puissance, rendement) et des résultats d'émissions atmosphériques meilleurs qu'avec le fioul. Cependant, **les modifications des moteurs modernes utilisés en agriculture sont trop coûteuses pour les agriculteurs et il est préférable de s'associer aux constructeurs, dès lors que l'opération a un intérêt économique.** En Allemagne, DEUTZ-FAHR propose des tracteurs de 50 ou 80 CV à injection indirecte pouvant fonctionner avec de l'HVP (consommant 30 % de carburant de plus que ceux fonctionnant au fioul). Cependant, ils ne respectent pas les réglementations d'octobre 1998 en matière d'émissions de polluants à l'échappement.

Les modifications à apporter aux moteurs diesel fixes sont a priori identiques à celles qui concernent les moteurs de tracteur. Toutefois, ces installations fonctionnent en continu et plutôt à leur puissance nominale (faible variation de charge et généralement > 70 % du maximum), ce qui résout les problèmes d'encrassement. Un kit de bicarburation est suffisant pour les adapter.

### 3. La combustion directe

#### a) Combustion de l'huile

Pour utiliser l'huile végétale pure en tant que combustible, il est indispensable d'avoir un brûleur adapté à l'huile<sup>11</sup>. Trois marques semblent réellement adaptées : Gierch et Kroll (Allemagne) et AR-CO (Italie). Ces dernières proposent des brûleurs de petites et moyennes puissances pour le chauffage individuel ou le séchage de foin ou de céréales. **Mais on n'en connaît pas encore les performances et la fiabilité.**

Le séchage de grains (ou de fruits) ou de serres peut être effectué en utilisant des brûleurs adaptés<sup>12</sup> aux HVN. Ces brûleurs sont disponibles sur le marché depuis de nombreuses années mais actuellement, aucune application n'a été réalisée, sauf en utilisant des huiles alimentaires usagées.

<sup>10</sup> (cf. étude décembre 2002 – résumé Annexe 3)

<sup>11</sup> Comité de soutien Valénergol. Fabricants européens de brûleurs pour chaudière fioul compatibles avec l'Huile Végétale Pure fournit une liste de brûleurs à huile.

<sup>12</sup> Cf. travaux IRIBIOM/CIRAD/CUENOD. 1994-1996

Perspectives d'utilisation des HVP (hors carburant), DEBAT/CIRAD, juin 2006

En remplacement d'installations au fioul existantes, on pourrait également utiliser en complément des huiles alimentaires usagées. Certains agriculteurs envisagent de vendre leurs huiles alimentaires localement et d'organiser la collecte de ces huiles après usage pour pouvoir (après traitement adapté) les utiliser comme combustible. L'aspect réglementaire est alors à regarder avec beaucoup d'attention.

La combustion des huiles dans des brûleurs industriels de forte puissance ne semble pas soulever de difficulté particulière (cf. encart SAACKE partie 2). Cependant, on peut se demander s'il faut privilégier la combustion d'huile végétale pure dans une chaudière, s'il est possible de l'utiliser dans un moteur thermique fixe... avec une meilleure valorisation énergétique et économique.

### ***b) Combustion des tourteaux***

Lorsqu'il ne peut être totalement valorisé en alimentation animale (accords de Blair House obligeant à utiliser le soja américain), la combustion des tourteaux semble a priori plus judicieuse si l'on a bien l'utilisation de l'huile dans des moteurs fixes. (sinon il vaut mieux la combustion directe de la graine)

Toutefois, on suggère une voie de recherche technologique : l'extraction préalable des protéines utilisables en alimentation animale, afin de ne brûler qu'un résidu cellulosique bas de gamme. Cette orientation nécessiterait de modifier le process industriel pour ne pas « cuire » les protéines qui perdent alors leurs propriétés alimentaires.

Une étude comparative entre process industriel actuel et chauffage des tourteaux à plus basse température en vue d'une valorisation des protéines en alimentation animale et de la cellulose en combustion devra permettre d'apporter des réponses techniques et économiques aux questions soulevées par le fractionnement des tourteaux en deux catégories de sous-produits :

- Protéines d'un côté,
- Résidus cellulosiques de l'autre.

Le combustible solide résiduel pourrait être brûlé dans une chaudière adaptée (à grille ou lit fluidisé, selon la puissance à prévoir) pour produire la vapeur du process de l'unité industrielle ou de l'eau chaude pour les besoins de l'huilerie ou, le cas échéant de consommateurs industriels voisins.

L'extraction des protéines présenterait un atout incontestable en matière d'émissions de soufre et d'azote. Les essais de combustion de tourteaux de colza effectués par l'Université Technologique de Compiègne dans le cadre d'un programme AGRICE montrent que les émissions polluantes (SO<sub>2</sub> et NO<sub>2</sub>) sont très élevées et nettement au-dessus des normes applicables (rubrique 2910 de ICPE pour les installations de plus de 2 MW soumises à déclaration- arrêté du 25 juillet 1997). Ces polluants émanent principalement de la combustion des protéines riches en soufre et en azote. La combustion de la fraction cellulosique seule devrait donner des émissions très inférieures aux normes comme c'est le cas pour le bois et les autres biomasses lignocellulosiques.

Autre voie à creuser : le décorticage préalable des graines de tournesol déjà utilisée, chez Sofiproteol à Bassens.

**Comparaison des émissions de SO<sub>2</sub> et de NO<sub>2</sub> issues de la combustion des tourteaux de colza et de l'arrêté 2910 du 25/05/97**

	Tourteaux de colza	Emissions gazeuses à 6 % de O <sub>2</sub> Norme 167C incinération	Norme rejets biomasse (2910 du 25/05/97 à 11 % de O <sub>2</sub> ) – Installations de 2 à 20 MW
Densité	0,76		
Humidité	8,2 %		
Matières volatiles	67,6 %		
Taux de cendre	6,2 %		
Taux de carbone fixe	18 %		
PCS (kWh/kg)	4,8		
PCI (kWh/kg)	4,7		
SO <sub>2</sub> à 6 % de O <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	1 240	50 (200) <sup>13</sup>	<b>200</b>
NO <sub>2</sub> à 6 % de O <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	1 030	400 <sup>14</sup>	<b>500</b>

*Source UTC/AGRICE 1997*

Dans l'hypothèse d'un traitement biologique anaérobie, l'extraction préalable de protéines limiterait les dégagements ammoniacaux (inhibiteur de la méthanogénèse) et abaisserait probablement le taux d'hydrogène sulfurée (H<sub>2</sub>S) dans le biogaz puisque son précurseur est constitué par les protéines sulfurées.

<sup>13</sup> Norme moyenne et entre parenthèses maximum autorisé pendant 1/2 heure.

<sup>14</sup> Pour les installations inférieures à 6 tonnes/heure

### **Plan biocarburant et valorisation des tourteaux**

Le respect par la France de la directive européenne biocarburants, suppose la production à l'horizon 2010 de l'équivalent de 2 millions de tonnes d'EMHV, ce qui mobilisera de l'ordre de 1 500 000 ha de terres agricoles (cf. rapport AGRICE 2002).

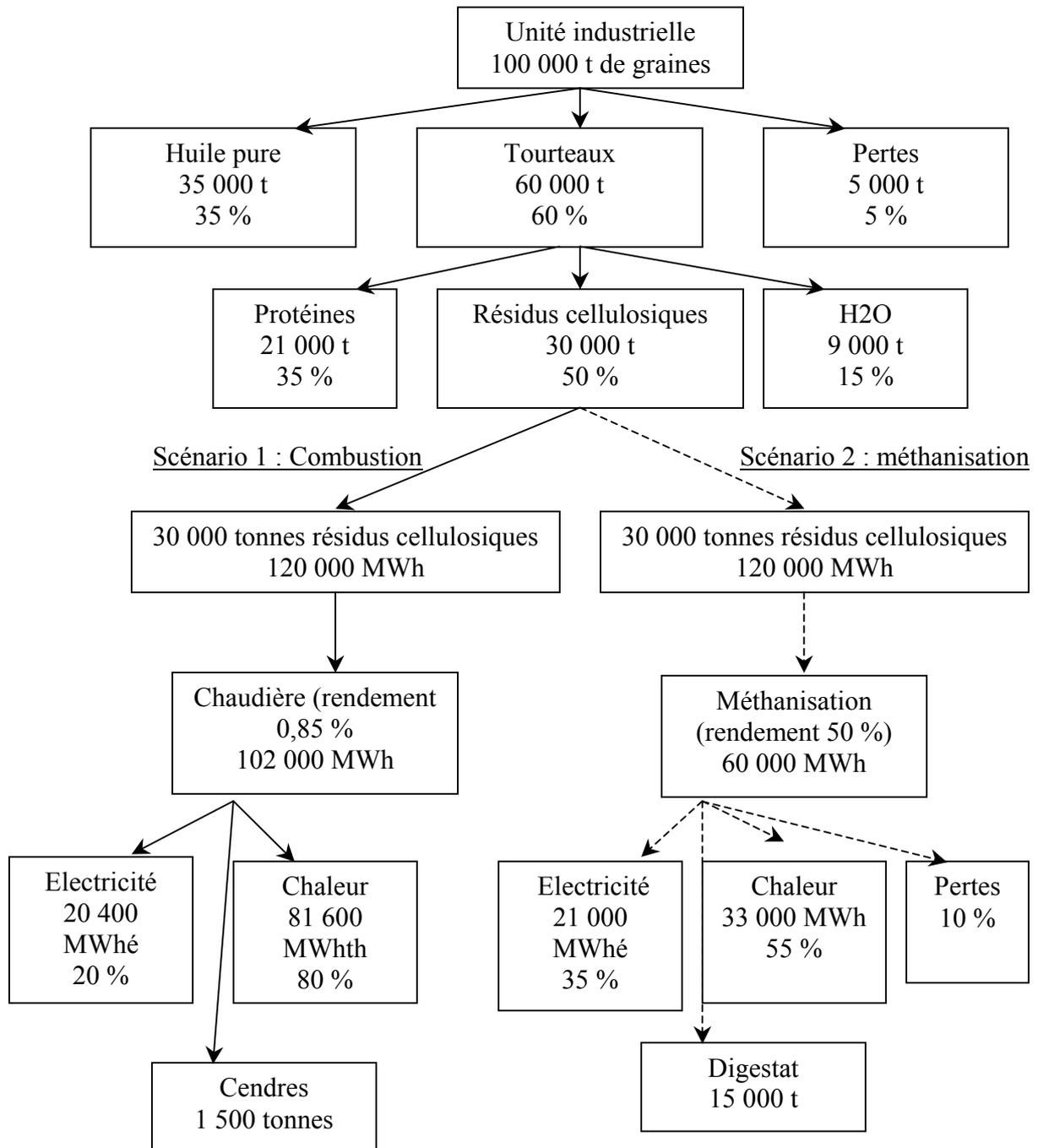
Compte tenu de la productivité/ha (tonnage de graines) et du rendement d'extraction en huile, cela correspond à une production de tourteaux supplémentaires de 1,5 à 2 millions de tonnes par an, soit un doublement de la production actuelle qui s'établit à 1 300 000 tonnes.

La consommation pour l'alimentation animale de tourteaux de soja, colza et tournesol étant de l'ordre de 5 200 000 tonnes/an (source SCEES) assurée en grande partie par des importations de soja brésilien, argentin... (4 600 000 tonnes), la production supplémentaire de tourteaux issue des cultures énergétiques pourrait donc théoriquement trouver un emploi en alimentation animale. La France deviendrait ainsi moins dépendante des protéines importées.

Cependant, cela risque de mettre en cause des accords commerciaux internationaux. Dans l'hypothèse où il faudrait maintenir un quota d'importation de protéines, cela supposera de trouver un débouché non alimentaire pour les tourteaux supplémentaires issus des huilleries. D'où l'importance de réfléchir à une extraction des protéines et une valorisation énergétique de la fraction lignocellulosique pour limiter les risques :

- En combustion, d'émissions gazeuses polluantes (azote et soufre)
- En amendement organique, d'une volatilité et d'une minéralisation trop rapide de l'azote (dégagement de N<sub>2</sub>O ou lixiviation/percolation d'azote minéral).

### Bilan énergétique de la valorisation des résidus cellulósiques des tourteaux



#### 4. La cogénération (production combinée de chaleur et d'électricité)

##### a) Cogénération industrielle

Plusieurs pays européens ont décidé de promouvoir l'utilisation des huiles végétales pour des usages énergétiques. Ils ont adopté des législations concernant les émissions atmosphériques contraignantes nécessitant l'installation de pots catalytiques pour réduire les NOx, le CO et les imbrûlés.

Grâce à un prix d'achat élevé de l'électricité produite à partir d'énergie renouvelable (et des certificats verts) des installations de cogénération utilisant des huiles végétales pures ont vu le jour dans plusieurs pays européens : Allemagne, Autriche, Italie...

Les huiles végétales utilisées peuvent provenir de n'importe quel oléagineux produit localement (colza, tournesol, pépins...) ou importé (huile de palme) ou d'huile alimentaire usagée recyclée.

Le prix des huiles produites localement est cependant nettement plus élevé que celui de l'huile de palme importée d'Indonésie et de Malaisie et utilisée d'abord en alimentation, cosmétiques, lessives... Les opérations citées ci-dessous utilisent donc surtout l'huile de palme ou des huiles alimentaires usagées. Le rapport de productivité à l'hectare entre l'huile de palme et les huiles indigènes est de l'ordre de 1 pour 5, voire de 1 pour 8 !

##### *Allemagne*

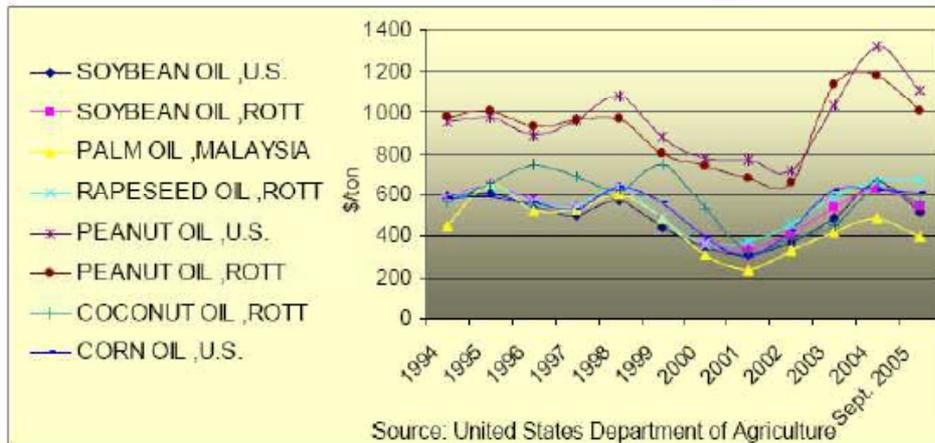
La première centrale de cogénération (2,6 MWé) utilisant des huiles végétales usagées (huile de palme) a été installée à Kalburg en Allemagne par un constructeur finlandais (Wärtsilä) et alimente une zone industrielle à Baden-Baden.

Les moteurs mis au point par Wärtsilä concernent une gamme de puissance qui s'étend de 1 MWé à 1.6 MWé (moteurs 6L20/8L20/9L20).

##### *Italie*

A Monopoli, Ital-Green Energy et Wärtsilä se sont associés pour construire la plus grosse unité de cogénération (24 MWé) utilisant des huiles végétales pures (installation en cours). Cette centrale utilisera de l'huile de palme provenant de Malaisie. La technologie permettra de contrôler la température du combustible tout au long de la chaîne, ce qui évite toute modification de sa viscosité.

## Vegetable Oil Prices



September 2005: Palm Oil Malaysia 396 \$/ton  
 October 2005: HFO Rotterdam 265 \$/ton  
 October 2005: MDO Rotterdam 496 \$/ton

Subsidies or feed-in tariffs are needed  
 (Green certificates etc.)

Page 6



### b) Cogénération de petites puissances

ENERGIESTRO (Italie), DACHS (Allemagne)... proposent des groupes électrogènes conçus pour fonctionner en cogénération au diesel, biodiesel ou aux huiles végétales pures. La gamme de puissance est comprise entre 5 et 100 kWé avec une production de chaleur associée (15 à 300 kWth). Le rendement global est de 90 % et le rendement électrique de 20 à 23 %, ce qui veut dire qu'on produit 3 fois plus d'énergie thermique que d'électricité.

Ce type d'équipement est surtout adapté aux sites isolés nécessitant une autonomie énergétique. Il pourrait être envisagé pour l'autoconsommation domestique d'électricité et de chaleur, sous certaines conditions techniques et économiques à évaluer avec beaucoup d'attention.

## VII - Réglementation et fiscalité

Des dispositifs européens encadrent le développement des biocarburants avec pour objectif la production de 5 millions de tonnes en 2003 :

- ✓ La directive 2003/30/CE (dite directive promotion) contraint les Etats membres à veiller à l'incorporation d'une part minimale de biocarburants dans les carburants fossiles : 2 % (sur la base énergétique) en 2005 avec une augmentation de 0,75 % par an pour atteindre 5,75 % en 2010 sur l'ensemble des carburants (essence et gazole) vendus pour le transport. **La possibilité d'utilisation d'huile végétale pure est explicitement citée dans cette directive<sup>15</sup>**
- ✓ La directive 2003/96/CE permet aux Etats membres de baisser le niveau de taxation sur les carburants qui contiennent du biocarburant. Sont concernés les carburants utilisés dans les véhicules industriels et domestiques, de même que les véhicules agricoles ou la substitution du fioul domestique en chaudière. Dans ces deux derniers cas, le gazole agricole étant détaxé et les droits d'accise sur le fioul domestique très faible, l'avantage économique demeure limité (cf. ci-après).

### *a) Les aides à la jachère*

Les aides à la jachère sont prévues dans le cadre du règlement CE 1973/2004 (29 octobre 2004) complété par deux arrêtés ministériels français du 28 novembre 2005. Cette aide concerne aussi bien la production d'huile végétale pour utilisation comme carburant dans les tracteurs agricoles (en autoconsommation) que la production de chaleur, d'électricité ou de biogaz.

Un certain nombre de règles sont prescrites concernant une tenue comptable des matières produites et des précautions de dénaturation (incorporation de 1 % de gazole). Cette aide est variable d'une région à l'autre, mais elles se situent globalement autour de 400 €/ha.

### *b) Les aides aux cultures énergétiques (ACE)*

L'Aide aux Cultures Energétiques (ACE) est une incitation financière basée sur le Crédit Carbone pour favoriser la production de carburants verts. En 2004 elle s'élève à 45 €/ha<sup>16</sup> et concerne essentiellement les agriculteurs qui consacrent une partie de leurs surfaces hors jachère à des cultures destinées à la production de cultures énergétiques (chaleur, électricité, carburant).

La jachère industrielle, n'est pas d'une aide attribuée à l'agriculteur. Tous les agriculteurs (exceptés les petits producteurs) ont l'obligation de mettre une partie de leurs terres en jachères. En contrepartie, ils perçoivent une aide. La jachère industrielle permet de cultiver la terre sous condition de contrat attestant de la valorisation non alimentaire (industrielle ou à la

<sup>15</sup> « « huile végétale pure » : huile produite à partir de plantes oléagineuses par pression, extraction ou procédés comparables, brute ou raffinée, mais sans modification chimique, dans les cas où son utilisation est compatible avec le type de moteur concerné et les exigences correspondantes en matière d'émissions ».

<sup>16</sup> PAC 2003

ferme) de la récolte. La jachère industrielle peut donc représenter un revenu supplémentaire par la valorisation de la récolte, mais ne permet pas de toucher une aide supplémentaire, contrairement à l'ACE.

**c) La défiscalisation (Union Européenne et France)**

**- Le soutien aux biocarburants industriels (EMHV...)**

La France est à l'origine du développement des biocarburants sur les terres mises en jachère et la première à mettre en place les filières industrielles correspondantes (éthanol et EMHV) en s'appuyant sur les organisations professionnelles agricoles (secteurs des céréales, de la betterave et des oléagineux).

La production d'EMHV (incorporé au diesel) fait l'objet de production permettant une défiscalisation sur la vente de carburant (387 500 tonnes défiscalisées en 2004), répartie entre différents opérateurs :

- ✓ Diester Industrie (376 500 tonnes réparties sur 3 usines d'estérification à Venette dans l'Oise, Grand-Couronne en Seine Maritime et Boussens en Haute Garonne)
- ✓ Novaol à Verdun (1 000 tonnes)
- ✓ ADM (10 000 tonnes produites à Leer et Hambourg en Allemagne).

La France a incorporé 0,95 % de l'énergie consommée en gazole en 2003 (322 605 t d'ester d'huile végétale)<sup>17</sup>.. La production devrait être multipliée par 6 d'ici 2010 (soit 1,95 Mt d'ester d'huile) pour respecter la directive européenne promotion des biocarburants.

Aussi, le gouvernement a-t-il prévu un agrément de 480 000 tonnes supplémentaires de biodiesel d'ici 2007 ou de nouvelles usines seront mises en service à Sète (160 000 t), Mériot (130 000 t), Compiègne (90 000 t) et St Nazaire (120 000 t)<sup>18</sup>. Le lancement d'un nouvel appel à projets concernant 700 000 tonnes d'agrément supplémentaires d'EMHV pour 2008-2010 est prévu<sup>19</sup>.

La Taxe Intérieure sur les Produits Pétroliers (TIPP) a été remplacée par la Taxe Intérieure de Consommation (TIC).

---

<sup>17</sup> Vincent M-H, dossier biocarburants, Réussir Céréales grandes cultures, décembre. 2004

<sup>18</sup> Agrafil 7 juin 2005.

<sup>19</sup> Annonce du 18 mai 2005.

## TIC sur les carburants en 2004

	Unité	TIC en €	Indice (100 pour le gazole)
Supercarburant	hl	63,96	153
Supercarburant sans plomb	hl	58,92	141
Gazole	hl	41,69	100
Emulsion d'eau dans le gazole (EEG)	hl	24,54	59
Fioul domestique	hl	5,66	13,5
GPL carburant	hl	5,99	14,5

Source : Ministère des Finances

Evolution des dispositifs de défiscalisation de la part des biocarburants  
incorporés au gazole

EMVH	2002	2003	2004	2005
Montant de la réduction en €/hl	35,06	35	33	
Taux de TIC (ex TIPP) applicable aux biocarburants en €/hl	2,29 puis 3,84	4,19	8,69	
Défiscalisation par litre de gazole	0,31	0,30	0,24	

Source : Ministère des Finances

Le coût des biocarburants avant défiscalisation se situe autour de 0,45 €/l, alors que le prix de vente HT des carburants fossiles oscillait en 2003 entre 0,24 et 0,36 €/l. Il est donc indispensable pour les biocarburants de bénéficier de l'avantage fiscal ci-dessus pour être compétitifs face aux carburants pétroliers lourdement taxés.

Cependant, cet avantage, qui favorise les biocarburants en compétition avec l'essence ou le gazole ne **joue plus ou très peu dans le cas des carburants détaxés (gazole agricole) ou qui supportent une très faible TIC (fioul domestique ou GPL)**. On trouve le mécanisme complet sur le site de laDGEMP.

#### - Le soutien à l'huile végétale pure

Si l'utilisation en biocarburant de l'huile végétale pure est autorisée par la directive européenne (depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005), la France n'a pas encore transcrit ce texte en droit national.

Cependant, un jugement du 27/06/05 de la Cour de Cassation (cf. [www.courdecassation.fr/BICC/620a629/624/communication/communication.htm](http://www.courdecassation.fr/BICC/620a629/624/communication/communication.htm)) stipule que le droit européen a un caractère prépondérant sur le droit des Etats membres. Il est donc possible d'en déduire que l'utilisation d'huile végétale comme carburant est légale en France.

Lorsque la directive européenne sera appliquée (à toutes les catégories d'utilisateurs), l'article 265-3 du code des douanes s'applique. Celui-ci reprend le principe communautaire d'équivalence et prévoit que « *Tout produit destiné à être utilisé, mis en vente ou utilisé comme carburant pour moteur ou comme additif ou en vue d'accroître le volume final des*

*carburants pour moteur est assujetti à la taxe intérieure de consommation au taux applicable au carburant dans lequel il est incorporé ou auquel il se substitue* ». L'utilisation d'huile végétale pure en tant que carburant pourrait en principe faire l'objet d'une taxe équivalente à celle appliquée au gazole. Mais la directive 2003/96 prévoit une incitation à la défiscalisation comme pour le biodiesel.

### **Utilisation comme carburant dans des moteurs**

Depuis janvier 2006, la Loi d'Orientation Agricole autorise **l'utilisation d'huile végétale pure pour des engins agricoles** (roulant ou moteurs fixes) sur le site d'une exploitation qui produit les plantes dont l'huile est extraite. Les agriculteurs, dans ce cas de figure, sont exonérés de TIC (Taxe Intérieure sur les Carburants).

**Cette autorisation d'utilisation d'huile végétale pure en tant que carburant agricole ainsi que son exonération totale de TIC, est prévue sous certaines conditions :**

- ✓ L'article 12 du projet de loi modifie l'article 265 bis A du code des douanes en ajoutant l'article suivant : « *1 bis : Les huiles végétales pures, utilisées dans les conditions prévues à l'article 265 ter comme carburant agricole **dans les exploitations agricoles sur lesquelles elles auront été produites**, bénéficient d'une exonération de la taxe intérieure de consommation* ».
- ✓ Il modifie également l'article 265 ter par : « (...) 2. *Dans les cas où elle est compatible avec le type de moteur utilisé et les exigences correspondantes en matière d'émissions, **l'utilisation en autoconsommation comme carburant agricole d'huile végétale pure dans les exploitations agricoles sur lesquelles elle aura été produite peut être autorisée à titre expérimental jusqu'au 31 décembre 2007**, dans les conditions prévues par décret.* »

Un décret d'application de la Loi d'Application Agricole (article 49) est en préparation qui autorisera ultérieurement (mi 2007), au-delà de l'autoconsommation de l'huile végétale pure actuellement possible, l'utilisation pour des usages assimilés (tracteurs agricoles d'autres agriculteurs, pêcheurs, engins d'entretien des espaces verts...). Cette possibilité devra faire l'objet d'une autorisation des douanes au cas par cas et sera assortie d'un certain nombre de recommandations concernant la production et la conservation des produits, la protection des moteurs et l'utilisation des tourteaux gras (problème d'appétance pour les animaux).

### **Utilisation comme combustible dans une chaudière**

**L'utilisation et la vente d'huile végétale pure en substitution du fioul domestique pour le chauffage (FOD) sont autorisées avec une TVA à 19,6 %.** Aucune taxe supplémentaire ne frappe l'huile végétale pure utilisée **comme combustible**. (DHYCA, mars 1995 : « l'huile végétale utilisée comme combustible (FOD), est non fiscalisée et non soumise à une éventuelle exonération de la TIPP ». Groupe de travail « Huiles végétales », réseau Alternier-Ademe.) :

Code des Douanes (art 265.3): *tout produit destiné à être utilisé comme carburant ou combustible de chauffage est assujetti à la taxe intérieure de consommation au taux du carburant ou combustible dans lequel il est incorporé ou auquel il se substitue.*

Article 265ter: sont interdites l'utilisation comme carburant **ou combustible** de chauffage, la vente ou la mise en vente de produits dont l'utilisation et la vente pour cet usage n'ont pas été spécialement autorisées.

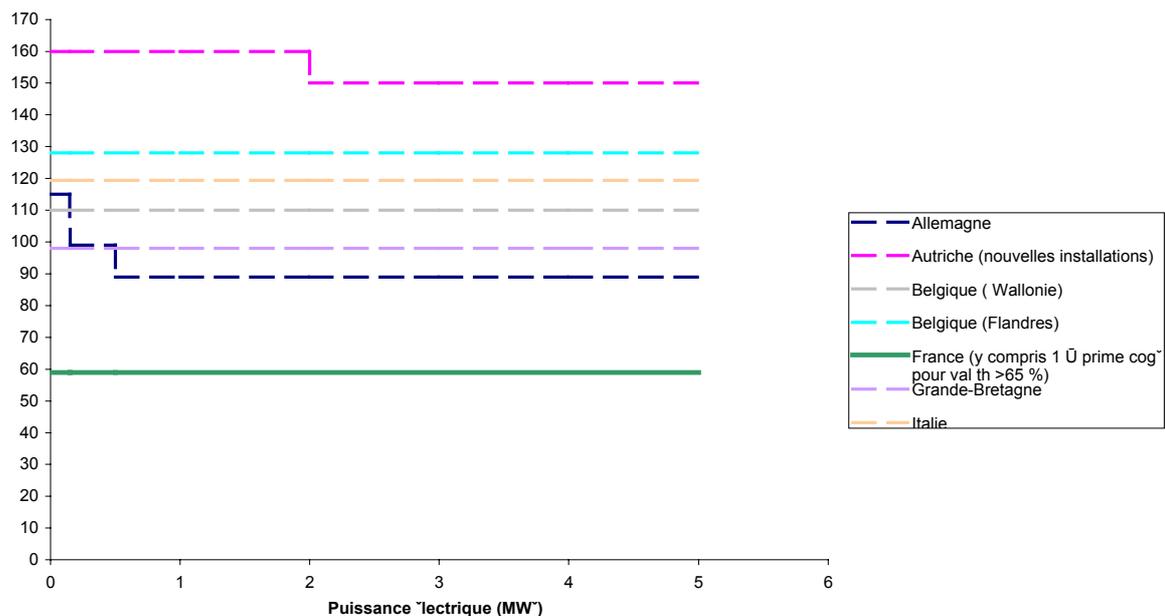
Voir annexe

#### d) Crédit d'impôt aux particuliers

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2006, un crédit d'impôt est accordé pour des équipements énergies renouvelables (50 %) de l'habitation principale<sup>20</sup>. L'huile végétale n'est pas citée explicitement et les chaudières polycombustibles ou à l'huile ne peuvent donc actuellement bénéficier de ce crédit d'impôt qui s'applique aux « *Equipements de chauffage ou de production d'eau chaude fonctionnant au bois ou autres biomasses (?), dont le rendement énergétique doit être supérieur ou égal à 65 %* ».

#### e) Prix d'achat de l'électricité

Tarif d'achat d'électricité ex-biomasse dans plusieurs pays européens en 2006



Le tarif d'achat de l'électricité ex-biomasse en France (arrêté d'avril 2002 et décret du 6/12/2000 fixant obligation d'achat<sup>21</sup>) est un des plus bas d'Europe, si on excepte les pays qui ont mis en place par ailleurs d'autres procédures d'encouragement aux énergies renouvelables

<sup>20</sup> L'arrêté du 9/02/05 de la Loi de finance 2005 précise la liste des équipements, matériaux et appareils concernés ainsi que les caractéristiques techniques et les critères de performance minimale requis pour l'application du crédit d'impôt.

<sup>21</sup> Qui fixent « les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal l'énergie dégagée par la combustion de matières non fossiles d'origine végétale... » concerne donc les huiles végétales.

(écotaxes sur les énergies fossiles et fissiles, certificats verts...). Par rapport à des pays comme l'Autriche, l'Allemagne, la Belgique ou l'Italie, le prix d'achat est 2, voire 3 fois moins élevé en France.

Un tarif aussi bas ne permet pas d'amortir et d'exploiter une unité de production d'électricité (y compris en cogénération) utilisant comme combustible de la biomasse lignocellulosique ou des huiles végétales pures. Pour que la vente d'électricité au réseau soit attractive, il faudrait que le tarif actuellement en vigueur soit au moins doublé pour les installations de moyenne à forte puissance (plus de 1 MWé), et au moins triplé, pour les installations de faible puissance, a fortiori pour les unités domestiques (simulations effectuées par les organisations professionnelles pour la biomasse ligneuse et a priori valable pour les huiles végétales, même si le rendement électrique de la production d'électricité à partir d'un moteur thermique actionnant un turboalternateur est meilleur que celui d'une installation chaudière/turbine à vapeur).

La réévaluation de ce tarif est en cours d'examen par les services du Ministère de l'Industrie (DIDEME), après concertation avec les organisations professionnelles. Cependant, on ignore à ce jour à quel niveau se situera le prix d'achat pour les différentes gammes de puissance considérées. Ce tarif ne sera applicable qu'en deçà de 12 MWé (ou de 9 MWé), puisqu'à partir de ce seuil les opérateurs énergétiques peuvent répondre aux appels d'offres périodiques émanant du Ministère de l'Industrie et de la Commission de Régulation de l'Energie, avec mise en concurrence des projets entre eux et contractualisation avec les porteurs des projets les moins disants.

## 2<sup>ème</sup> partie : approche technologique

### VII. Utilisation des huiles végétales naturelles dans les moteurs diesels fixes.

#### 3. Introduction : les moteurs à injection directe et les moteurs à injection indirecte.

Globalement il existe deux familles de moteurs à cycle Diesel : (voir figures page suivante)

Les moteurs à injection directe (camions, tracteurs agricoles, moteurs industriels) alimentés avec des huiles végétales non estérifiées connaissent rapidement des problèmes de fonctionnement. Ces problèmes sont la formation de dépôts charbonneux à l'intérieur du moteur (voir photos suivantes) et une forte *dispersion cyclique*<sup>22</sup> pouvant conduire à des dégâts mécaniques parfois importants.

\* *les moteurs à injection directe*. Ils équipent les tracteurs agricoles et routiers, et grand nombre de moteurs industriels de toute puissance : de 0.5 kW jusqu'au Mégawatt. Sans modifications, ceux-ci n'acceptent pas les huiles végétales naturelles.

L'utilisation de mélanges significatifs d'huile végétale et de fioul (contenant plus de 10 % d'huile) ne résolvent pas les problèmes. L'encrassement existera toujours, seul le temps de formation est fonction du taux d'huile végétale.

En revanche les connaissances acquises permettent de s'assurer du bon fonctionnement des moteurs diesels à injection indirecte, tels ceux de la plupart des voitures de tourisme, ou de moteurs à injection directe modifiés.

\* *les moteurs à chambre divisée*. Ils désignent les moteurs à préchambre, à chambre de turbulence, à chambre à réserve d'air, etc. Ils sont communément appelés "*moteurs à injection indirecte*".

**Ils équipent les véhicules automobiles, certains très gros moteurs industriels (sup. au Mégawatt), l'ensemble des engins devant polluer le moins possible leur environnement. Enfin, une gamme encore bien fournie de petits moteurs industriels.** Ces derniers semblent tolérer les huiles végétales brutes (mais filtrées efficacement). Un fonctionnement correct est même à signaler avec les moteurs à chambre de turbulence (automobiles Diesel du marché).

**Mais les tendances des 15 dernières années les ont rendus minoritaires face aux injections directes plus polluants mais moins "gourmands" en carburant.**

---

<sup>22</sup> Certains cycles connaissent des « ratées » d'allumage. Jusqu'à 1 cycle tous les 50, c'est inaudible sur un moteur 4 cylindres



*Piston injection directe au fioul  
vaitilingom/higelin*



*piston injection directe : 21 heures huile végétale*

### **L'huile végétale naturelle dans des moteurs non modifiés : réalité ou mythe ?**

Les huiles végétales brutes ou raffinées ne sont pas utilisables en l'état dans des moteurs diesels à injection directe. Ces derniers équipent les tracteurs agricoles depuis plus de 25 ans, or on entend dire que nombre d'utilisateurs emploient depuis longtemps, dans la plus grande discrétion, des huiles de colza ou de tournesol dans leurs propres tracteurs n'ayant subi aucune modification. Qu'en est-il de ces informations ?

Faute de pouvoir accéder à des témoignages vérifiables, rappelons les raisons qui obligent à modifier les moteurs à injection directe.

Lorsqu'ils délivrent jusqu'à la moitié de leur puissance nominale, ces moteurs présentent des températures moyennes de chambre inférieures à 200°C. Or, l'huile de tournesol possède une température de point éclair largement supérieure à celle du fioul : 316°C pour l'huile contre 96°C pour le fioul. Ce qui signifie qu'une part de gouttelettes d'huile ne va pas se vaporiser mais va se « coller » aux parois provoquant des dépôts « goudronneux » semblables à ceux bien connus des friteuses. Ces dépôts vont vite s'accumuler sur le nez des injecteurs perturbant ainsi la pulvérisation et dégradant le fonctionnement. Ils vont également se loger dans la gorge du premier segment lui interdisant son élasticité ce qui mène à des grippages et/ou une usure rapide de celui-ci. Il y a perte de compression, difficultés de démarrage à froid et détérioration du rendement (augmentation anormale de la consommation). Si alors la dilution d'huile végétale dans le lubrifiant dépasse 1 % il peut y avoir une rapide polymérisation de l'huile de graissage provoquant le grippage total du moteur.

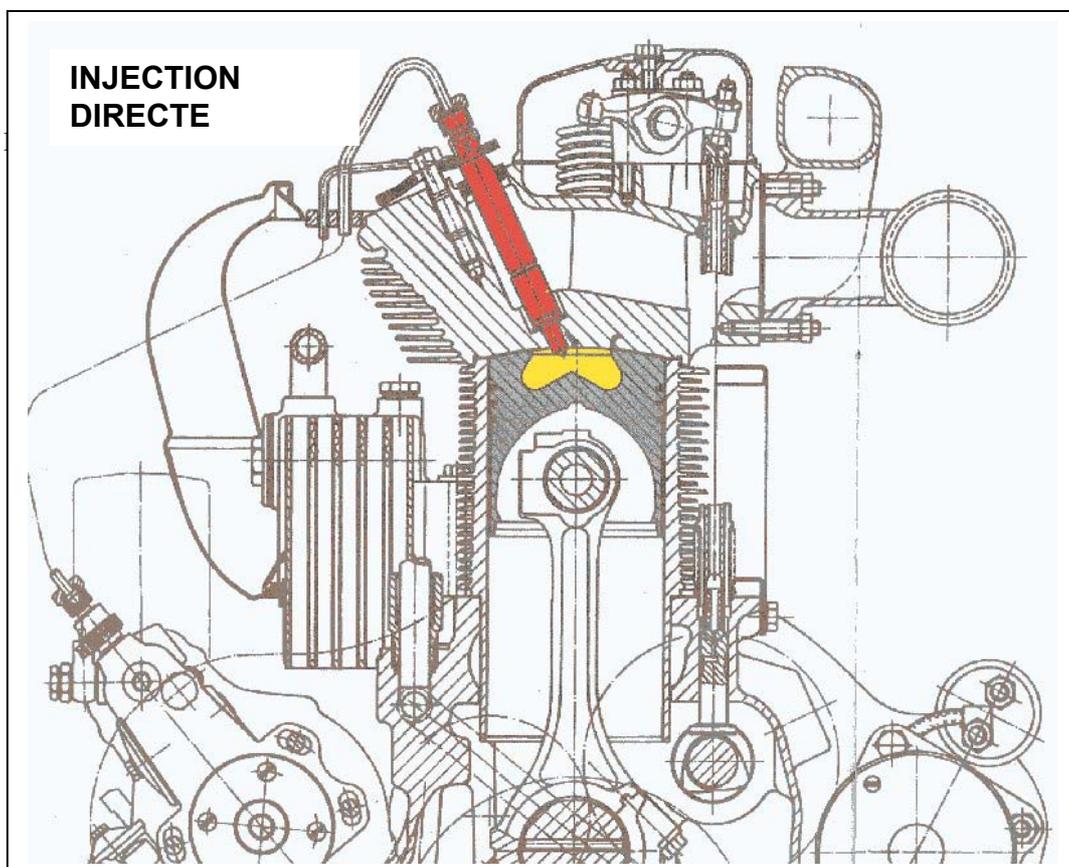
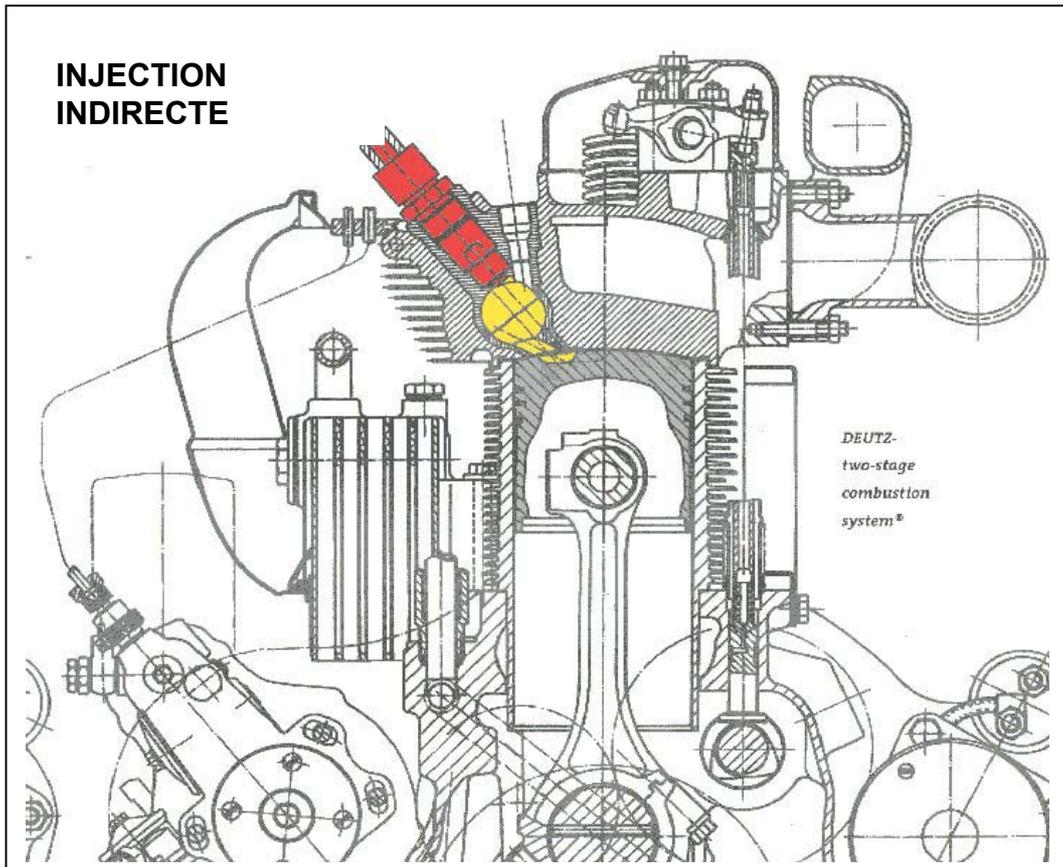
Dans les moteurs diesels à injection indirecte de type « chambre de turbulence », la température moyenne de la *préchambre*\* est d'environ 500 à 600°C dès 10 % de puissance délivrée. Les huiles végétales brûlent complètement.

**Enfin, et c'est ce dernier point qui peut faire douter de la véracité des témoignages, les pompes à injection rotatives\*\* (CAV Rotodiesel et Stanadyne) qui équipent un très grand nombre de tracteurs agricoles, cassent par temps froid quand le pourcentage d'huile végétale dans le fioul dépasse 35 %. Voilà qui aurait dû engendrer une toute autre réputation à l'huile naturelle avant de décourager les plus fanatiques compte tenu des coûts élevés des pompes à injection en pièce détachée.**

*(G. Vaitilingom. Opération huile de tournesol carburant en Midi Pyrénées. Rapport final, FRCUMA, Déc. 2002).*

\*: ici il s'agit de chambre « divisée ».

\*\* : pour éviter ce problème les tracteurs de l'opération étaient équipés de pompe à injection en ligne ou de marque Bosch



Injection directe : utilisation des huiles végétales après modifications des moteurs

### Modifications des chambres de combustion des moteurs à injection directe:

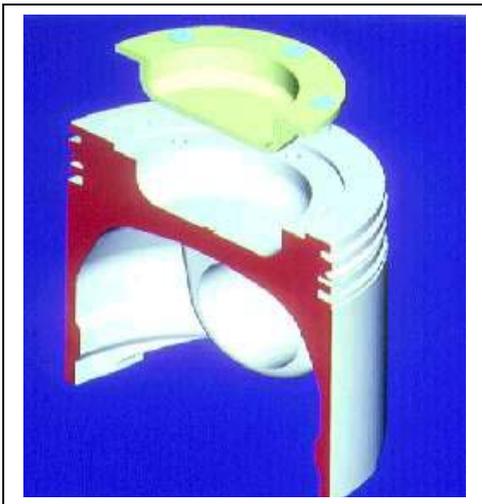
Si l'on ne veut pas modifier le carburant (estérification par exemple), on peut agir sur les chambres de combustion afin que les conditions de températures lors du fonctionnement assurent une combustion complète des huiles végétales.

Mais ces modifications doivent respecter la conception et l'architecture interne du moteur tout en respectant les matériaux et les jeux fonctionnels mécaniques. Il faut alors que les températures maximales atteintes restent raisonnables.

Ce type de modifications, développées au Cirad depuis 1990, permet toujours l'usage du fioul (et donc de tout mélange d'huile et de fioul) sans pertes de puissance et sans interventions mécaniques supplémentaires. Cet aspect est important et représente un des avantages forts de cette solution. A tout moment les utilisateurs peuvent remplir le réservoir indifféremment avec de l'huile ou du fioul.

### Description des modifications des pistons :

Ils sont modifiés pour recevoir une chambre de forme spéciale en acier réfractaire. On trouvera en annexe 4 un exemple de réalisation de modification.



Conception CAO des modifications



Exemple de réalisation (FIAT)



Piston modifié après 500 heures à huile de colza *higelin*



Cummins (common rail)



Caterpillar

Groupes électrogènes 500 et 300 KVA à injection directe modifiés. *vaitilingom*



Groupes électrogènes 80 KVA et 45 KVA. Huile de coco ; Fiji 2000.  
Moteurs à injection indirecte sans modifications des pistons. *vaitilingom*

#### 4. Performances et pollution comparées entre huile végétale et fioul dans les moteurs diesels modifiés

La quasi-totalité des moteurs à poste fixe sont, comme tous les engins modernes, à injection directe. Il conviendra donc de la modifier pour qu'ils puissent utiliser de l'huile végétale naturelle comme biocarburant en circuit court d'autoconsommation.

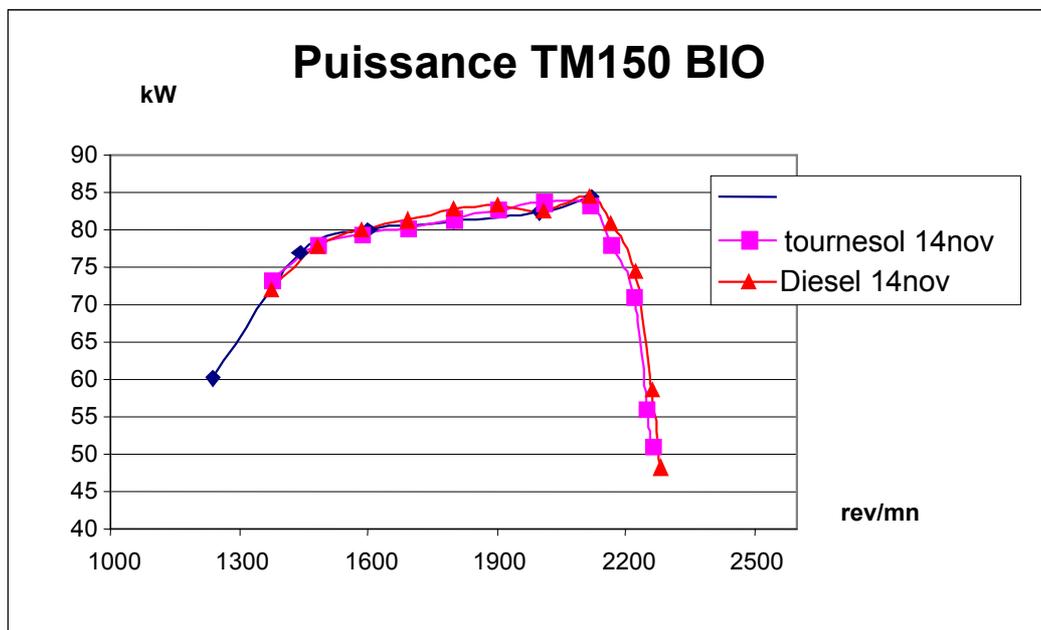
L'impact de ces modifications sur les performances et la pollution des gaz d'échappement restera à vérifier mais il devrait être très semblable aux résultats suivants obtenus avec de l'huile de tournesol issue d'un circuit court d'autoconsommation et deux moteurs New Holland et John Deere présentés précédemment.

Par ailleurs, la longévité des moteurs est augmentée quand ils utilisent de l'huile végétale comme carburant. Ceci avec le même entretien qu'au fioul.

##### Performances comparées.

Les puissances obtenues sont très proches. A puissance égale on observe une augmentation de la consommation horaire de 5 à 6 % en volume. Ceci est directement dû au plus faible pouvoir calorifique de l'huile de tournesol. Les rendements des moteurs sont améliorés avec le tournesol comme le montrent les résultats complets de l'annexe 2.

Exemple de puissance comparée entre fioul et huile de tournesol moteur New Holland 150 cv.



## Pollution comparée

Les résultats des deux moteurs modifiés montrent une très bonne comparaison avec le fioul sur les produits toxiques CO, HC et NOx. Les quatre moteurs respectent les limites de polluants imposées par les normes européennes d'homologation définies par les directives de l'ISO 8178 et les facteurs de pondération du cycle C1.

Par ailleurs, le CO<sub>2</sub> rejeté par les deux moteurs au tournesol ne participe pas à l'accroissement des gaz à effet de serre dans l'atmosphère car celui-ci sera remobilisé par la croissance de la plante lors du cycle cultural suivant.

**Emissions au couple maximal au régime correspondant** (source : Vaitilingom, Courty, Gallet, 2001. Tests de pollution à l'échappement sur 14 tracteurs agricoles. Essais Plein Champs 2001, ARM. Rapport interne Cirad.)

### Résultats pour le tracteur New Holland TM 150

Tracteur N°	TM150 orig. fioul	TM150 BIO tournesol
N tr/mn	1350	1456
Puiss. kW	81.4	75.4
Puiss ch	110.6	102.4
Conso carb l/h	23.4	24.0
Temp air admis	21	22
Temp échap °C	383	435
CO ppm	1218	960
CO2 %	8.6	8.0
HC ppm	53	82
O2 %	9.1	10.0
NOx ppm	1530	1450
Exces air	0.79	0.93

### Résultats pour le tracteur John Deere 7710

Tracteur N°	JD 7710 orig. fioul	JD 7710 BIO tournesol
N tr/mn	1304	1302
Puiss. kW	110.2	102.2
Puiss ch	149.7	138.9
Conso carb l/h	27.8	25.9
Temp air admis	20	22
Temp échap °C	608	609
CO ppm	2143	692
CO2 %	10.1	9.7
HC ppm	53	59
O2 %	7.3	7.8
NOx ppm	1246	1324
Exces air	0.54	0.59

### 5. Conclusions

- Les huiles végétales naturelles sont utilisables dans les moteurs diesels à injection indirecte sans modifications de ces derniers.
- Par contre les moteurs diesels à injection directe, qui équipent la plupart des groupes fixes, doivent être modifiés pour pouvoir utiliser les huiles végétales naturelles (palme, coco, colza, tournesol,...). Cependant ces modifications n'interdisent pas l'usage du fioul. Les réservoirs des engins peuvent donc accepter de l'huile végétale, du fioul et tout mélange de ceux-ci.
- Les performances sont identiques et la pollution à l'échappement est en faveur des huiles végétales.
- Enfin la longévité des moteurs est accrue quand ils utilisent les huiles végétales naturelles.

## VIII. Utilisation des huiles végétales naturelles dans les brûleurs.

### 6. Utilisation des HVP en résumé :

Les caractéristiques énergétiques des huiles végétales sont suffisamment proches de celles du fioul pour que l'on puisse s'attendre à une substitution aisée dans un brûleur.

	<b>Gazole</b>	<b>Huile de colza</b>	<b>Huile de tournesol</b>
Densité (kg/dm <sup>3</sup> ) 20°	0.836	0.916	0.920
Pouvoir Calorifique Inférieur (kJ/kg)	43800	37850	38100
Indice de Cétane	50	37	37
Composition chimique (% masse)			
C	85.1	76.8	76.9
H	14.9	11.8	11.7
O	-	11.4	11.4
Formule globale	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	C <sub>17.94</sub> H <sub>33.18</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>17.92</sub> H <sub>32.52</sub> O <sub>2</sub>

Caractéristiques physico-chimiques utiles à la prédiction des performances globales (*vaitilingom, 2005*)

Le problème de la nature physico-chimique différente des HVP vis à vis du fioul se retrouve pour les applications brûleurs : mauvaise combustion avec les réglages fioul et encrassement des parties "froides" des chaudières. Il est donc nécessaire de les adapter et/ou modifier.

Les brûleurs pour fioul "lourd" se prêtent mieux à l'usage des HVP (après quelques réglages et adaptations quand même). Mais on ne les trouve généralement que dans des puissances de 200 kW et plus.

Il apparaît sur le marché des offres de petits brûleurs pour HVP **mais aucune donnée de performances et d'émission n'est disponible pas plus que l'identification claire de sites "visibles" où ces brûleurs sont installés.**

Des études et des mises en œuvre en conditions réelles de brûleurs de moyenne puissance modifiés pour les HVP ont eu lieu il y a dix ans. Les résultats très positifs ont montré qu'il est possible de les utiliser jusqu'à 100 % d'HVP. Cependant aujourd'hui, le constructeur ne désire plus proposer ces brûleurs. Un autre fabricant commencerait à s'engager sur ce créneau de puissance.

## 7. Principe de fonctionnement des brûleurs modernes :

Un jet pulvérisé de carburant est assuré grâce à une pompe volumétrique mécanique, il est accompagné d'un flux d'air de combustion contrôlé respectant la quantité d'air nécessaire à la combustion complète de la quantité de carburant augmenté d'un excès d'air prédéterminé (3 à 5 % d'oxygène supplémentaire).

	Gazole ou FOD	Huile de colza	Huile de tournesol
Pco pouvoir comburivore g.air/g.carb.	14.84	12.35	12.30

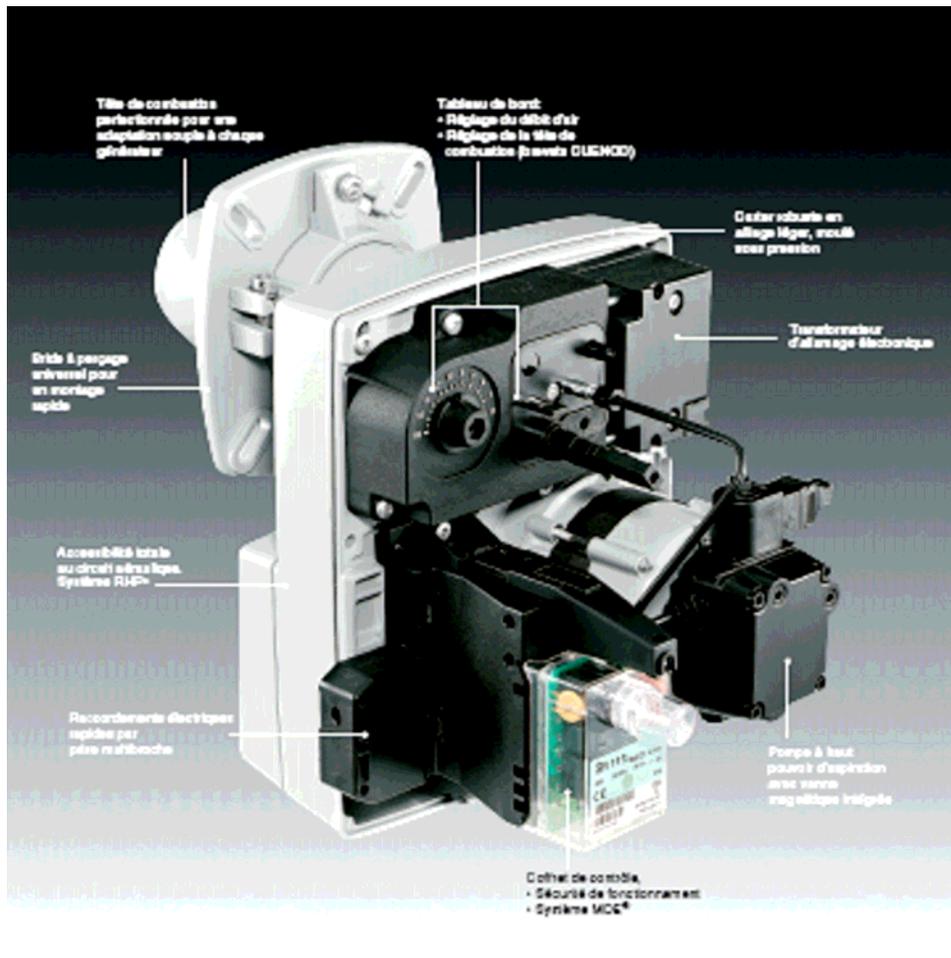
Pouvoirs comburivores comparés (sans excès d'air).

Le jet est assuré par un gicleur choisi pour son débit à une pression déterminée et en fonction de la géométrie de la chambre de combustion.

Un moteur électrique entraîne, généralement, la pompe de pression et le ventilateur d'air de combustion.

Un système de contrôle/commande assure le fonctionnement et les mises en sécurité du brûleur.

La plupart des brûleurs, en particulier les petits brûleurs domestiques, utilisent les mêmes organes (pompes, ventilateurs, boîtiers de contrôle) provenant de quelques équipementiers.



## 8. Adéquation des équipements avec les caractéristiques des HVP :

Les équipements sont conçus pour utiliser des combustibles répondant à des spécifications établies. Du strict point de vue du fonctionnement, il faut que les HVP se conforment à ces exigences. La particularité des brûleurs est qu'ils fonctionnent sans surveillance d'un opérateur. Selon l'application ils sont commandés par des consignes extérieures (température d'eau par exemple) et peuvent être arrêtés et démarrés de façon autonome. On ne peut donc pas compter sur une intervention humaine pour assurer un démarrage ou un réglage éventuel.

### Caractéristiques techniques des brûleurs :

Les petits brûleurs (petite puissance < 50 kW) présentent les exigences suivantes :

- Viscosité admissible du combustible : 1,8 à 12 mm<sup>2</sup>/s ou 2 à 50 mm<sup>2</sup>/s (selon les pompes installées)
- Température du combustible : - 10 à + 70 °C
- Pression en sortie de pompe : 7 à 18 bars

Les brûleurs de moyenne puissance (< 1000 kW), généralement, présentent les suivantes :

- Viscosité admissible du combustible : 5 à 200 mm<sup>2</sup>/s
- Température maximale du combustible : 90 °C
- Pression en sortie de pompe : 10 à 28 bars

Le tableau suivant présente les viscosités des mélanges d'huile de colza et fioul pour des températures jusqu'à 100 °C.

On s'aperçoit qu'à des températures de combustible autour de 10°C, qui correspondent à des ambiances d'utilisation des brûleurs pour chauffage de locaux ou d'habitations, selon le modèle de pompe on peut utiliser jusqu'à 70 % d'huile de colza (50 mm<sup>2</sup>/s) alors que d'autres n'accepteront que 20 % d'huile de colza (12 mm<sup>2</sup>/s).

En revanche tous peuvent admettre des combustibles à 70 °C ce qui autorise des mélanges jusqu'à 90 % d'huile de colza pour les plus restrictifs et 100 % pour les autres.

Mélange Colza/ fioul	Température °C											
	< 0	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0 %	16.2 -7°C	10.0	6.8	5.3	4.1	3.3	2.7	2.2	1.9	1.7	1.4	1.3
5 %	15.7 -6°C	11.6	8.2	6.2	4.8	3.8	3.1	2.6	2.2	1.9	1.6	1.5
10 %	22.2 -6°C	13.4	9.2	6.9	5.3	4.2	3.4	2.8	2.4	2.0	1.8	1.6
20 %	25.0 -6°C	18.0	12.2	8.8	6.8	5.3	4.2	3.5	2.9	2.5	2.1	1.9
30 %	32.5 -4.6	25.4	16.3	11.4	8.4	6.6	5.3	4.3	3.6	3.0	2.6	2.3
40 %	52.9 -5.8	34.4	21.7	14.8	10.7	8.2	6.7	5.4	4.5	3.7	3.2	2.8
50 %	78.0 -5.8	47.4	28.6	19.3	13.7	10.2	7.9	6.4	5.3	4.4	3.8	3.3
60 %	109.3 -4.6	66.6	38.9	25.2	17.7	13.1	10.0	8.0	6.7	5.4	4.5	3.9
70 %	148.9 -4.6	89.9	51.2	32.9	22.3	16.3	12.2	9.6	7.7	6.5	5.6	4.8
80 %	226.0 -5.5	117.1	69.8	44.0	29.1	20.8	15.7	12.0	9.5	7.7	6.4	5.4
90 %	200.2 -4.2	154.8	90.1	56.7	36.5	25.8	19.1	14.5	11.4	9.1	7.6	6.4
100 %	270.3 -4.2	208.1	117.7	72.2	47.6	33.1	23.9	18.0	13.9	11.1	9.1	7.8

Tableau des viscosités (mm<sup>2</sup>/s) des mélanges colza/fioul en fonction de la température.  
(source : Technische Universität München, 1992.)

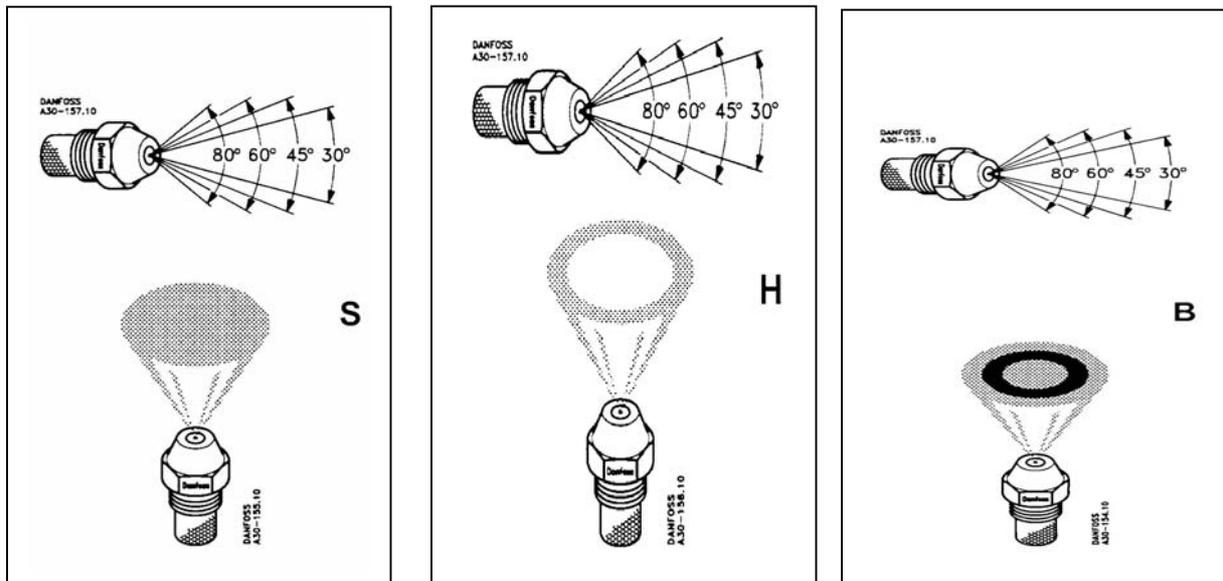
### Les gicleurs ou atomiseurs de combustible :

Ils assurent la création d'un jet en fines gouttelettes nécessaire à l'allumage de la flamme au démarrage et ensuite à la combustion complète du combustible.



Les gicleurs sont déterminés en fonction du débit attendu (donc de la puissance) et de la géométrie de la chambre de combustion de la chaudière.

Ces éléments sont établis pour des combustibles ayant des viscosités de 3,4 mm<sup>2</sup>/s (norme européenne). Si l'on se réfère au tableau précédent, on ne peut admettre plus de 25 % d'huile de colza en mélange réchauffé à 70 °C. Sinon il faut changer de gicleur, et par conséquent de réglages de pression/débit et en tenant compte des nouveaux angles de jet vis-à-vis de la géométrie de la chaudière (voir schémas suivants).



Angles de jet et formes et répartitions des gouttelettes de combustible dans le jet en fonction des types de gicleurs. *Doc danfoss*

En conclusions la viscosité des HVP a une forte influence sur les équipements des brûleurs de petites puissances. Ceci avec pour conséquence la nécessité de régler ces derniers voire de changer certains éléments tels que les gicleurs. Réchauffé à 70 °C, un mélange 25 % colza + 75 % fioul semble acceptable dans ces brûleurs.

Pour les brûleurs de plus grosse puissance, il apparaît que leurs composants sont plus aptes à accepter les HVP.

Mais, quelle que soit la capacité du brûleur, il reste à vérifier, une fois les exigences technologiques remplies, si la combustion des HVP est complète et quelles sont les performances globales et la pollution, comparés au fioul.

## 9. Problèmes rencontrés et modifications effectuées :

### Petits brûleurs :

- Tout d'abord, si l'on ne réchauffe pas le mélange combustible, l'allumage ne se produit pas dès 25 à 30 % d'HVP incorporée.

- Des mélanges jusqu'à 50/50 sont utilisables si le mélange est réchauffé à au moins 60 °C et si la pression de pulvérisation en sortie de pompe est remontée de 10-11 à 15-16 bars.
- Pour des mélanges de 50 à 75 % d'HVP il est nécessaire de réchauffé le combustible à au moins 80°C. La pression de pulvérisation en sortie de pompe doit être remontée à 18-20 bars.
- Pour des taux supérieurs à 75 % et jusqu'à 90 %d'HVP, il est possible d'obtenir un fonctionnement correct avec une température de mélange de 100°C et ne pression de pulvérisation de 20 bars.
- A 100 % d'HVP, la température doit être de 120 à 140°C et la pression de pulvérisation en sortie de pompe de 25 à 30 bars, sinon il n'y a pas allumage de la flamme.

#### Brûleurs de moyenne puissance :

On retrouve les contraintes évoquées pour les petits brûleurs, à la différence que les équipements sont plus adaptés aux caractéristiques physiques des HVP.

Après seulement une intervention en réglages (140 °C pour l'HVP et 30 bars de pression), les premiers essais à 100 % d'HVP montrent :

- un démarrage totalement fiabilisé,
  - des teneurs en polluants des fumées bien en dessous des normes admises en Europe,
- mais :
- un encrassement rapide du foyer,
  - un « gouttage » de la tête de combustion.

Il faut alors :

- redéfinir un modèle de gicleur mieux adapté,
- régler l'accroche flamme,
- régler l'admission d'air.

### **Combustion des huiles alimentaires usagées dans une chaudière industrielle**

Les huiles alimentaires usagées et graisses de cuisson s'apparentent au fioul lourd du point de vue de la viscosité et au fioul domestique quant à leurs caractéristiques chimiques et aux émissions issues de leur combustion.

Dans le cadre d'une réalisation en blanchisserie industrielle (Dordogne) l'entreprise a opté pour la combustion d'huiles alimentaires usagées dans une chaudière ALSTOM équipée d'un brûleur à coupelle rotative de marque SAACKE (1,4 MW). SAACKE, fabricant allemand qui a une filiale en France, commercialise ce type de brûleur pour des produits particulièrement difficiles à brûler et hétérogènes comme les fiouls lourds de basse qualité ou les boues pétrolières sur les navires (3 500 références dans le monde).

SAACKE a déjà installé à Vénissieux (réseau de chaleur) un brûleur à coupelle rotative qui brûle des graisses animales. A la suite d'une campagne menée par l'APAVE, l'exploitant de l'installation a obtenu l'accord de la DRIRE pour substituer le fioul lourd utilisé jusqu'alors par des graisses et huiles organiques de récupération.

Par rapport à un brûleur classique (à gicleur), la technologie de la coupelle rotative présente plusieurs avantages :

- Fonctionnement à basse pression, ce qui augmente la sécurité (et la longévité du matériel),
- Pulvérisation/atomisation, ce qui évite un gicleur à orifice calibré, toujours susceptible de se colmater,
- Grande plage de modulation de puissance,
- Rendement supérieur de 2 à 5 % par rapport à un brûleur de conception classique,
- Fiabilité du matériel et durée de vie dépassant 20 ans de fonctionnement,
- Possibilité de passer sans transition d'un combustible liquide à un combustible gazeux (bi-énergie).

SAACKE peut commercialiser son équipement pour des huiles alimentaires pures avec engagement de résultat sur le fonctionnement, les rendements, la durée de vie et les émissions gazeuses. Ce matériel a l'inconvénient d'être beaucoup plus cher que les brûleurs de conception classique.

### Les problèmes d'encrassement :

Sur la plupart des modèles de brûleurs, le déflecteur d'air (partie froide car ventilée en permanence) s'encrasse. La conséquence est que le détecteur de flamme (cellule photoélectrique) fini par ne plus « voir » assez de lumière et coupe le brûleur (sécurité d'absence de flamme). Pour exemple, ces arrêts se produisaient tous les 4 à 5 jours avec un mélange 50/50 colza/fioul (voir photos suivantes).



Déflecteur d'air après 4 jours à 50/50, tournesol/fioul (à droite : après nettoyage) *vaitilingom*

Par ailleurs, si trop de gouttelettes échappent à la combustion on va les retrouver sous forme de produits partiellement polymérisés sur les parois les plus « froides » des échangeurs de chaleur (les tubes de fumées par exemple) ce qui va rapidement diminuer leur capacité de d'échange. On retrouve ici les problèmes rencontrés dans les chambres des moteurs diesels quand ils sont utilisés à des charges insuffisantes

### Exemples de résultats obtenus :

Si tous les réglages et adaptations sont effectués on obtient de bons résultats sur les performances et les émissions aussi bien en petits brûleurs qu'en brûleurs de moyenne puissance.

**Exemple 1 :** brûleur Cuenod NC4R (18 à 40 kW), 50 % colza 50 % fioul (essais Cirad 2003)

TYPE DE COMBUSTIBLE	50/50	Fioul
CO2 %	11.5	11.5
CO mg/kWh	55	52
O2 %	5.4	5.3
NO mg/kWh	125	113
NOx mg/kWh	130	118
SO2 ppm	53	74
TEMP. FUMÉES °C	240	236
TEMP. AMBIANTE °C	8	17

Pression en sortie de pompe : 18 bars. Température du mélange : 40°C

**Exemple 2** : brûleur Cuenod C22, application en chauffage collectif, 100 % huile de colza (essais Cirad/Iribiom 1996).

Les essais ont porté sur le brûleur C22.2 (160 à 240 kW) de CUENOD modifié. Des locaux de la mairie d'Orléans ont été chauffés pendant 3 mois uniquement à l'huile de colza..

TYPE DE COMBUSTIBLE	100 % COLZA	Fioul
CO2 %	11.2	10.7
CO mg/kWh	4.8	1.3
O2 %	6.2	6.4
NO mg/kWh	71	93
NOx mg/kWh	74	98
SO2 ppm	0	21
TEMP. FUMEEES °C	228	236
TEMP. AMBIANTE °C	23	19

Pression en sortie de pompe :30 bars. Température de l'huile de colza : 140°C

Rappel : les limites selon EN267 sont : CO < 110 mg/kWh ; NOx < 185 mg/kWh.

## 10. Aperçu des brûleurs HVP disponibles sur le marché :

Petits brûleurs (petite puissance < 50 kW) :

En résumé :

- Problèmes identifiés
- PEU de Fournisseurs PAS de garantie PAS de SAV

Heizomat : souvent cité. Pas d'annonce HVP sur leur site.

[www.heizomat.de](http://www.heizomat.de)

Giersch : très souvent cité. Pas d'annonce HVP sur leur site.

<http://www.giersch.de/>

Kroll : propose des modèles de 25 à 50 kW (une exception ! C'est le seul qui l'annonce sur son site internet)

<http://www.kroll.de>

Raps Heizung (HPO) : propose un modèle de 20 à 40 kW

<http://www.raps-heizung.de>

Gebäudetechnik H. Krause : propose un modèle de 30 kW (jusqu'à 200 kW) fonctionnant selon un système venturi, ce qui nécessite un compresseur d'air. Ces modèles ne sont pas homologués en Allemagne (!).

E-mail : [zop1@gmx.de](mailto:zop1@gmx.de)

Brûleurs de moyenne puissance (<1000 kW) :

En résumé :

- Problèmes résolus
- Pas d'applications
- Fournisseurs + garanties + SAV

Riello : propose un modèle pour fioul lourd adapté aux HVP et garanti. Pas d'annonce sur leur site.

<http://www.riello.be>

Raps Heizung (HPO) : propose un modèle de 40 à 90 kW

<http://www.raps-heizung.de>

Kroll : propose des modèles de 50 à 200 kW

<http://www.kroll.de>

Cuenod + Cirad : Cuenod ne propose pas de modèles, mais accepte l'équipement de ces brûleurs de 100 à 700 kW tels que développés en 1996 par le Cirad (<http://www.cirad.fr>)

Inov8 Inc : propose des brûleurs HVP de 30 à 300 kW.

<http://www.inov8-intl.com/products.htm>

---

### Caractéristiques de l'huile végétale pure et HAU

Paramètres	unités	Résultat VALBIOM HVP 2002	Résultat VALBIOM HVP 2003	Huiles alimentaires usagées
Densité	kg/m <sup>3</sup>	920	915	880
Point éclair	°C	312	316	254
PCI	kJ/kg	38 911	39 197	36 250
Viscosité cinématique (40°)	Mm <sup>2</sup> /s	33	35	30
Résidus carbone	%(MM)	0,43	0,31	
Indice d'Iode	g/100g	112	100	
Teneur en Soufre	mg/kg	16	<10	0,04 %
Contamination	mg/kg		479	
Indice d'acidité	mgKOH /g	0,9	1,93	
Stabilité à l'oxydation	h	5,6	8,1	
Teneur en Phosphore	mg/kg	17	4	
Teneur en cendre	%(MM)	0,008	<0,01	0,003
Teneur en eau	%(MM)	0,0744	0,064	1

Sources : NOVAK et JOSSART ; Valbiom et CREED/ECOGRAS

 	<b>LTV-Work-Session on Decentral Vegetable Oil Production, Weihenstephan</b>		in Cooperation with:	
	<b><u>Quality Standard for Rapeseed Oil as a Fuel (RK-Qualitätsstandard)</u></b> 05/2000		 	
Properties / Contents	Unit	Limiting Value		Testing Method
		min.	max.	
<i>characteristic properties for Rapeseed Oil</i>				
Density (15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	900	930	DIN EN ISO 3675 DIN EN ISO 12185
Flash Point by P.-M.	°C	220		DIN EN 22719
Calorific Value	kJ/kg	35000		DIN 51900-3
Kinematic Viscosity (40 °C)	mm <sup>2</sup> /s		38	DIN EN ISO 3104
Low Temperature Behaviour				Rotational Viscometer (testing conditions will be developed)
Cetane Number				Testing method will be reviewed
Carbon Residue	Mass-%		0.40	DIN EN ISO 10370
Iodine Number	g/100 g	100	120	DIN 53241-1
Sulphur Content	mg/kg		20	ASTM D5453-93
<i>variable properties</i>				
Contamination	mg/kg		25	DIN EN 12662
Acid Value	mg KOH/g		2.0	DIN EN ISO 660
Oxidation Stability (110 °C)	h	5.0		ISO 6886
Phosphorus Content	mg/kg		15	ASTM D3231-99
Ash Content	Mass-%		0.01	DIN EN ISO 6245
Water Content	Mass-%		0.075	pr EN ISO 12937

## **Synthèse de l'étude 100 tracteurs**

Durant 3 années, 107 tracteurs modifiés pour fonctionner à l'huile de colza pure ont été testés en Allemagne. En fonction du type de tracteur et de la technologie de leurs moteurs, différents concepts de modification et mesures d'adaptations aux systèmes d'injections et de combustion ont été développés. Les moteurs équipés du système d'injecteurs-Pompe (PCI) - haute pression s'adaptent bien aux modifications et subissent peu de problèmes de fonctionnement. Pour les moteurs équipés de pompes de distribution, les efforts consentis pour adapter le système ont été plus élevés et ce type de pompes a fréquemment subi des dommages.

63 des 107 tracteurs ont terminé le projet sans aucun problème. 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, le grippage des soupapes d'échappement, des défauts des pompes d'injection et des dégradations des chambres de combustion. Pour des raisons techniques, 15 tracteurs ont dû être réadaptés à la carburation au diesel.

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

Les émissions de monoxyde de carbone (CO) et de dioxydes d'azote (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 tous les cas, ce qui a induit une augmentation du rythme des vidanges. L'intervalle entre les vidanges a été divisé par 2 ou 3.

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 d'une bonne maîtrise de la qualité de l'huile. L'utilisation de l'huile de colza comme carburant ne pourra se développer que lorsque la qualité de l'huile sera irréprochable.

L'entrée en vigueur de la norme DIN 51506 en juin 2005 a constitué un tournant du projet. Les résultats de ce projet sont uniquement applicables aux tracteurs répondant aux exigences des normes d'émissions Euro I et Euro II.

Une introduction élargie du carburant huile de colza sur le marché implique de gros investissements de la part des constructeurs de tracteurs pour le développement de cette technologie, pour répondre notamment aux prescriptions d'émissions de gaz.

Ce projet a permis de démontrer que sur la base des connaissances et des acquis techniques actuels, l'utilisation d'huile de colza en tant que carburant est possible en agriculture, à condition d'observer quelques prescriptions particulières mais qu'elle ne peut pas encore être recommandée sans restriction.

*Voir étude plus complète en annexe*

---

## IX. Bilan résumé de l'état des connaissances en production et utilisation des HVP

### Introduction :

Globalement, en matière de production d'HVP il manque de manuels de références. Alors qu'en matière d'utilisation d'HVP, il manque d'exemples bien décrits d'expériences réussies.

Les Associations, groupements, clubs, etc., ont pour rôle de permettre à des utilisateurs passés, actuels ou futurs de s'exprimer. Mais les contradictions sont nombreuses et souvent les manifestations organisées voient un long défilé de témoignages plus que d'explications concrètes et encore moins de précisions sur une procédure ou une modification et son influence sur le fonctionnement. Les « candidats » à cet usage n'ont finalement que peu de réponses à leurs questions.

### La Production des HVP en pressage à froid

#### Ce que l'on sait :

- Graines :
  - Humidité max et humidité optimale pour pressage à froid  
Colza : oui  
Tournesol : oui
  - Propreté (nettoyage des impuretés)  
Colza : nettoyeurs standards  
Tournesol : idem
  
- Presses :
  - Modèles à performances connues (taux extraction, rendement trituration, énergie par tonne de graines)  
Colza : oui  
Tournesol : oui
  - Différentes capacités  
Colza : oui  
Tournesol : oui
  
- Huiles brutes obtenues (prélevées en sortie de presse) :
  - Analyses des compositions des produits majeurs  
Colza : oui  
Tournesol : oui
  - Analyses des composés minoritaires (AGL, gommes, cires,...)  
Colza : oui  
Tournesol : oui

- Méthodes de Pré-raffinage :
  - Colza : oui
  - Tournesol : oui

### Ce que l'on sait partiellement :

- Graines :
  - Influence des préparations (réchauffage, ) sur pressage
    - Colza : ?
    - Tournesol : oui
- Traitement des huiles brutes obtenues (méthodes et moyens) :
  - Analyses des compositions des produits majeurs
    - Colza : oui
    - Tournesol : oui
  - Analyses des composés minoritaires (AGL, gommes, cires,...)
    - Colza : oui
    - Tournesol : oui
- Qualité à atteindre des huiles prêtes à usage carburant ou combustible :
  - Usage carburant :
    - Colza : oui (normes allemandes)
    - Tournesol : non
  - Usage combustible :
    - Colza : à établir
    - Tournesol : à établir

### Ce que l'on ne sait pas :

- Filtration des huiles pour atteindre la qualité carburant ou combustible :
  - Filière filtration à froid ou à chaud :
    - Temps de décantation ?
    - Type de filtres les mieux adaptés ?
  - Comment dimensionner des unités de filtration :
    - En fonction des débits produits ?
    - En fonction des quantités décantées à traiter ?
    - En fonction des presses utilisées ?
- Qualité des nouvelles presses arrivées sur le marché :
  - Comment choisir le matériel ?
    - Critères mécaniques ?
    - Quelles références prendre en compte ?
  - Quels critères pour calculs comparatifs des coûts ?
    - Taux d'extraction ?
    - Rendement de trituration ?
    - Energie par tonne de graines traitées ?

- 
- Comment relier les analyses de produits minoritaires des huiles produites et les impacts sur l'usage carburant ou combustible :
    - Signification de : phosphore, phospholipides, gommages, cires, sédiments, acidité – acides gras libres,...
    - Nature de ces produits ?
    - Quels sont leurs taux respectifs maximum admissibles selon l'usage ?
      - Colza : pas bien définis. Aucune justification pour phosphore
      - Tournesol : cires ?

## Utilisation des HVP dans des petits brûleurs

### Ce que l'on sait :

- Les conditions nécessaires au fonctionnement :
  - Réchauffage de l'HVP
    - Jusqu'à 50 % d'HVP : 70-80 °C
    - De 50 % à 100 % d'HVP : 120-140 °C
  - pression de pulvérisation
    - Jusqu'à 50 % d'HVP : 15 bars
    - De 50 % à 100 % d'HVP : 15-30 bars
- Il apparaît des problèmes de dépôts sur les foyers et en fond de foyers sur des brûleurs bricolés.

### Ce que l'on sait partiellement :

- La liste des brûleurs modifiés pour les HVP :
- La liste des combustibles utilisables :
  - HVP, HAU, graisses animales, mélanges,...
- Les lieux vérifiables où des brûleurs utilisent régulièrement des HVP:

### Ce que l'on ne sait pas :

- La liste des brûleurs qui fonctionnent :
  - Régulièrement avec des HVP
  - qui sont garantis par le fournisseur pour les HVP
    - émissions conformes à la norme EN 267
- La possibilité de kits de modification :
- Les taux de mélanges admissibles et les adaptations qui s'y rapportent.

## Utilisation des HVP dans les gros brûleurs (< 1000 kW)

### Ce que l'on sait :

- 
- Les conditions nécessaires au fonctionnement :
    - Réchauffage de l'HVP
      - Jusqu'à 50 % d'HVP : 70-80 °C
      - De 50 % à 100 % d'HVP : 120-140 °C
    - pression de pulvérisation
      - Jusqu'à 50 % d'HVP : 15 bars
      - De 50 % à 100 % d'HVP : 15-30 bars
  - Il y a plusieurs exemples d'applications présentes ou passées où les problèmes ont été résolus

#### Ce que l'on sait partiellement :

- La liste des brûleurs modifiés pour les HVP :
- La liste des combustibles utilisables :
  - HVP, HAU, graisses animales, mélanges,...
- Les lieux vérifiables où des brûleurs utilisent régulièrement des HVP:

#### Ce que l'on ne sait pas :

- La liste des brûleurs qui fonctionnent :
  - Régulièrement avec des HVP
  - qui sont garantis par le fournisseur pour les HVP
    - émissions conformes à la norme EN 267
- La possibilité de kits de modification :
- Les taux de mélanges admissibles et les adaptations qui s'y rapportent.

## **Utilisation des HVP en cogénération**

#### Ce que l'on sait :

- Les conditions nécessaires au fonctionnement des HVP dans les moteurs diesel :
- Les qualités d'huile requise conditions nécessaires au fonctionnement :
  - Usage combustible :
    - Colza : à établir
    - Tournesol : à établir
- Il existe des fournisseurs des groupes diesel pour HVP dont certains sous garanti

#### Ce que l'on ne sait pas :

- Les lieux vérifiables où des unités de cogénération utilisent régulièrement des HVP:

---

## Utilisation des HVP dans d'autres domaines hors carburant routier

### Ce que l'on ne sait pas :

- Engins d'espaces verts : en cours d'expérimentation (Ville de Lyon)
- Bateaux de pêche professionnelle : en cours d'étude (Cirad/Ifremer/ Min. Pêche)
- Véhicules et équipements industriels non routiers : en cours d'étude (Cirad en Afrique)
- Applications ferroviaires

### Pistes de travail

L'évolution de la PAC a conduit les agriculteurs à s'intéresser à la culture de plantes pérennes ou annuelles à des fins énergétiques. Cette réflexion concerne les jachères ou des terres actuellement consacrées à des cultures alimentaires et qui pourraient être destinées à de nouveaux usages.

La production, la transformation et l'utilisation d'huile végétale comme carburant dans des moteurs fixes ou comme combustible pour la production de chaleur ou la production combinée de chaleur et d'électricité fait l'objet du présent rapport. On ne s'est pas intéressé à la carburation automobile, même si la carburation dans un moteur diesel à poste fixe présente de nombreuses analogies avec l'utilisation dans le moteur diesel d'un tracteur.

L'analyse bibliographique et la consultation d'un certain nombre d'experts ont montré que certains aspects de la filière huile pure sont désormais bien maîtrisés au plan technique. Par contre, des incertitudes subsistent sur certains segments de la filière, notamment au stade de la transformation et de l'utilisation, et bien sûr beaucoup d'inconnues quant à la viabilité économique de l'utilisation des huiles pures, y compris en circuit court.

Plusieurs pistes de travail restent à étudier avant d'engager un programme d'utilisation d'huile végétale pure à grande échelle. La deuxième partie de l'étude consistera à préciser les études complémentaires, les essais et évaluations économiques auxquels il faudra procéder dans les deux ans qui viennent.

A titre d'exemple, on peut citer d'ores et déjà :

- Au stade de la production :
  - Suivi comparatif des performances des différents types de presse,
  - Itinéraires, matériels et résultats en matière de filtration,
  - Validation de la qualité des huiles de tournesol pour un usage énergétique.
- Au plan de la valorisation des co-produits :
  - Débouchés des tourteaux industriels et des tourteaux gras à la ferme,
  - Extraction des protéines des tourteaux et valorisation de la fraction résiduelle lignocellulosique.
- Au plan de l'utilisation des huiles végétales pures :
  - Recensement et caractérisation de petits brûleurs domestiques performants,

- 
- Recensement et suivi d'opérations avec des brûleurs industriels,
  - Identification d'applications en cogénération et analyse technico-économique des résultats,
  - Mesure des émissions atmosphériques de la combustion des tourteaux (bruts ou après extraction des protéines).

Les propositions de programme qui suivent sont destinées à apporter aux décideurs des éléments utiles à l'établissement d'une politique régionale en matière d'huile végétale pure (hors biocarburant).

Annexe : site DGEMP

## **L'utilisation des huiles végétales pures ou en mélange comme carburants est interdite.**

### **L'utilisation des huiles végétales pures ou en mélange comme carburants est interdite**

Les huiles végétales pures ne sont pas reprises par l'arrêté du 22/12/78 modifié qui fixe la liste des carburants autorisés au regard des dispositions de l'article 265 ter du code des douanes. L'usage de ce produit pur à la carburation, même dans des engins agricoles et sur le site de l'exploitation agricole, est donc interdit.

L'utilisation de ce produit en mélange avec le gazole est également interdite. En effet, si la réglementation française permet le mélange de biocarburants issus d'huiles végétales dans le gazole, elle réserve cette possibilité exclusivement aux esters méthyliques d'huile végétale (EMHV) répondant à des caractéristiques définies par une norme européenne (Norme EN 14214) dans la limite de 5 % en volume (arrêté du 23 décembre 1999 modifié). De même, s'agissant du fioul domestique, seule l'incorporation d'EMHV est autorisée (arrêté du 28 août 1997)

### **L'utilisation d'huiles végétales comme carburant rend la TIPP exigible**

L'article 265-3 du code des douanes qui reprend le principe communautaire d'équivalence prévoit que " Tout produit destiné à être utilisé, mis en vente ou utilisé comme carburant pour moteur ou comme additif ou en vue d'accroître le volume final des carburants pour moteur est assujéti à la taxe intérieure de consommation au taux applicable au carburant dans lequel il est incorporé ou auquel il se substitue ".

Dès lors toute utilisation d'huiles végétales pures à un usage carburant est taxable au taux du carburant équivalent, en l'occurrence le gazole ou le fioul domestique.

### **Les constructeurs automobiles sont défavorables à l'utilisation directe d'huiles végétales pures dans les moteurs d'automobile**

Les constructeurs automobiles sont défavorables à l'utilisation directe d'huiles végétales pures dans les moteurs d'automobile, celles-ci ne répondant pas aux spécifications qui permettent aux moteurs Diesel de respecter les très bas niveaux d'émissions polluantes imposés par les normes européennes ; ils pourraient ne pas maintenir leurs garanties si de tels produits étaient utilisés.

### **L'utilisation d'huiles végétales pures est autorisée, à titre expérimental, en autoconsommation en 2006.**

---

La [loi n° 2006-11 du 5 janvier 2006 d'orientation agricole](#) précise à l'article 49 que l'utilisation, comme carburant agricole, d'huile végétale pure par les exploitants ayant produit les plantes dont l'huile est issue est autorisée et bénéficie d'une exonération de la taxe intérieure de consommation. Un décret précisera les conditions d'application de cet article.

A compter du 1er janvier 2007 la commercialisation de ces huiles végétales pures comme carburant agricole sera autorisée. Un décret précisera les conditions de production, de commercialisation et d'utilisation de ces huiles, sur la base des résultats des expériences conduites en France et à l'étranger.

En dépit de leur intérêt comme carburant renouvelable, il n'est pas envisagé aujourd'hui de généraliser l'emploi des huiles végétales pures en raison des nombreuses interrogations suscitées au plan technique par leur utilisation à la carburation. Les limites des huiles végétales pures dans ce domaine ont d'ailleurs été soulignées par l'ensemble des acteurs impliqués dans le développement des biocarburants (représentants du monde agricole, du secteur automobile et du secteur pétrolier), lors d'une [table ronde organisée le 21 novembre 2005](#) à l'initiative de François Loos, ministre délégué à l'Industrie et de Dominique Bussereau, ministre de l'Agriculture

---

## **3<sup>ème</sup> partie : proposition de programme d'études complémentaires et journée technique**

### **I - FILIERE TOURNESOL**

#### **Fiche n° 1 : Optimisation de la filière en Aquitaine**

- *Au plan technico-économique : production, extraction et valorisation de l'huile de tournesol et de ses co-produits (tourteaux), de la culture aux usages finaux (énergie, alimentation animale...)*
- *Au plan socio-économique : production, transformation et valorisation de l'huile et des co-produits ; comparaison entre démarche individuelle (à la ferme) et collective (coopérative...).*

### **II – UTILISATION DES HUILES VEGETALES A LA FERME**

#### **Fiche n° 2 : Brûleur et chaudière domestique**

Installation et suivi d'un brûleur spécialisé HVP sur une chaudière existante (combustion d'huile pure pour le chauffage et la production d'eau chaude : bilan énergétique, environnemental et économique ;

#### **Fiche n° 3 : Petite cogénération (< 1 MW)**

Installation et suivi d'une installation de petite cogénération HVP à la ferme ou dans une petite unité artisanale (performances énergétiques, environnementales et économiques, comparaison avec d'autres combustibles...).

### **III – UTILISATION DANS L'INDUSTRIE**

#### **Fiche n° 4 : Brûleur industriel**

Etude comparative des performances d'un brûleur/chaudière industriels en utilisant des HVP, des HAU et du fioul domestique (à partir de la chaufferie de la blanchisserie Blanc-Nettis en Dordogne).

#### **Fiche n° 5 : Cogénération industrielle (> 1 MW - projet à venir en 2008)**

Société d'exploitation par délégation de service public sur une ZAC.  
Production d'électricité et d'eau chaude avec des HVP en groupes Diesel

#### **Fiche n° 6 : Utilisation d'HVP dans les moteurs de bateaux de pêche professionnelle**

---

## **Fiche n° 1 : Optimisation de la filière tournesol en Aquitaine**

### **Bilan technico-économique et propositions pour l'optimisation de la filière tournesol en Aquitaine**

Le tournesol représente la majeure partie de la production d'oléagineux en Aquitaine (environ 100 000 tonnes/an). Au-delà de la livraison des graines à des unités de transformation industrielles, certains producteurs ont créé (ou envisagent d'installer) des huileries artisanales à la ferme ou au sein de groupements coopératifs.

Cette filière émergente n'est toutefois pas optimisée. On observe des différences de rendements de production et d'extraction et par voie de conséquence des coûts de production d'huile et du tourteau associé. Ces différences résultent :

- ⇒ Des variations de productivité à l'hectare, en fonction de l'aptitude agronomique des sols et des données météo (ensoleillement, pluviométrie, températures...),
- ⇒ De la taille de l'atelier de transformation (quantités traitées...),
- ⇒ Des caractéristiques de la chaîne de production (organisation...),
- ⇒ Des performances des matériels utilisés (pressage, filtration, décantation...);
- ⇒ Des conditions de stockage et de valorisation de l'huile et des sous-produits (tourteaux),
- ⇒ Des coûts de transport...

### **PROPOSITION D'ETUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE POUR L'OPTIMISATION DE LA FILIÈRE TOURNESOL EN AQUITAINE**

L'étude aura pour objectif de faire des propositions d'optimisation de l'ensemble de la filière et comportera trois volets :

- Technique : extraction et valorisation de différents types de graines (classiques, oléiques, résistance aux maladies...), de l'huile de tournesol et de ses co-produits (tourteaux) ;
- Environnemental : bilan global comparatif entre l'existant et une filière améliorée (quantité d'intrants utilisés, gestion des effluents, maîtrise des distances et des coûts énergétiques liés au transport...)
- Socio-économique : comparaison des avantages et inconvénients d'une démarche individuelle (à la ferme) et collective (coopérative...) ; voire semi-collective (cuma...)

#### **Résultats attendus**

- ⇒ Optimisation de la filière tournesol, de la culture à l'usage final (alimentation humaine et animale, énergie...), aux plans technologique, organisationnel, logistique...
- ⇒ Recommandations en vue d'encourager des programmes de développement de cette filière (dans un cadre individuel ou collectif) et de déterminer l'échelle pertinente pour leur mise en oeuvre (locale, départementale ou régionale).

---

Cette étude transversale devra être réalisée par une équipe pluridisciplinaire justifiant de compétences en agronomie, technologie, environnement, économie...

### **Sites d'expérimentation identifiés en Aquitaine**

- ⇒ Laboratoire viticole de l'INRA, région bordelaise
- ⇒ CTIFL de Lanxade en partenariat avec la Coopérative Midi-Pyrénées, la Chambre d'Agriculture du Lot et Garonne (15 fermes et un lycée agricole), l'IHVP, le CIRAD et l'ITERG

---

## **Fiche n° 2 : Brûleurs et chaudières domestiques**

### **Installation et suivi d'un brûleur adapté aux HVP sur une chaudière existante**

Installation et suivi d'un brûleur spécialisé HVP sur une chaudière existante (combustion d'huile pure ou en mélange avec du fioul domestique) pour le chauffage et la production d'eau chaude : bilan énergétique, environnemental et économique ;

L'intérêt d'utiliser des HVP dans des brûleurs de petites puissances s'est manifesté depuis plusieurs années sans connaître de réelles applications susceptibles de fournir des retours d'expériences exploitables. On trouve des informations éparses, souvent peu vérifiables, qui n'ont pas fait l'objet de critiques ou d'analyses du fonctionnement. Il est déjà bien établi que les mélanges HVP/fioul ne fonctionnent bien que pour des taux d'HVP ne dépassant pas 10 % et, rarement 15 %. Au-delà, il faut adapter, modifier, bricoler ou se procurer un brûleur spécialisé. Il existe des listes de fournisseurs de petits brûleurs à HVP. Certains offrent une garantie sur leurs organes électriques et mécaniques mais pas sur leur fonctionnement aux HVP. Il n'y pas de fournisseurs susceptibles de fournir un certificat de conformité aux normes d'émissions en vigueur.

Les « candidats » à cet usage n'ont finalement que peu de réponses à leurs questions. Il ne leur reste que les bourses d'échanges d'informations pour tenter d'y répondre : peut-on modifier les brûleurs existants et, si oui, comment ? Existe-t-il des kits d'adaptation ? Quels sont les brûleurs proposés qui fonctionnent bien ? Quels types de combustibles peut-on employer : HVP, HAU, mélanges, à quels taux ?

L'augmentation des prix du fioul domestique a relancé l'intérêt pour trouver des substituts. Les professionnels chauffagistes ; eux-mêmes, ne trouvent pas de fiches d'instruction claires et ne peuvent engager leur responsabilité sur l'usage d'HVP pur ou en mélange avec le fioul. Or les usagers sont attirés par ces produits et ils les emploieront sans précautions tant que des équipements spécifiques fiables ne seront pas diffusés.

**Il est essentiel d'optimiser les conditions techniques, environnementales et économiques de l'utilisation d'huile végétale pure dans des brûleurs de petites puissance. Les contrôles n'étant pas envisageables chez les particuliers, il est nécessaire de leur donner des informations complètes pour guider leurs choix.**

### **PROPOSITION D'ETUDE COMPARATIVE DE PETITS BRULEURS UTILISANT DES HUILES VEGETALES PURES ET DU FIOUL DOMESTIQUE**

Il est proposé de mener cette étude sur deux ou trois sites de façon à pouvoir tester deux ou trois brûleurs spécialisés pour HVP. Ils devront être choisis parmi ceux qui bénéficieraient d'un soutien du fournisseur ou qui présenteraient le plus de garanties de bon fonctionnement aux HVP.

Ces brûleurs (10 à 40 kW) consomment peu de carburant en usage domestique. Il est donc possible d'organiser une étude sans contraintes logistiques importantes.

Les sites devront permettre de réaliser les analyses de fumées et les prélèvements nécessaires à l'étude.

L'étude portera sur les éléments suivants :

- 
- ⇒ Analyses des carburants utilisés : sédiments, teneur en eau, PCI, taux de cendre, masse volumique à 20°C, viscosité à 40°C, teneur en soufre, point éclair en °C, point de fusion en °C pour chacun des deux combustibles (HVP et FOD) ;
  - ⇒ Rendement de combustion
  - ⇒ Excès d'air (% O<sub>2</sub>)
  - ⇒ Dioxine de carbone (CO<sub>2</sub>)
  - ⇒ Monoxyde de carbone (CO)
  - ⇒ Composés organiques volatiles (COV)
  - ⇒ Dioxydes de soufre (SO<sub>2</sub>)
  - ⇒ Oxyde d'azote (NOX)
  - ⇒ Métaux lourds totaux
  - ⇒ Poussières
  - ⇒ Prélèvements et analyses des dépôts dans la chambre de combustion (avec plaquettes témoins pour mesures pondérales)

### Résultats attendus

L'étude devra conclure sur la qualité des brûleurs choisis et ainsi orienter vers les modèles qui fonctionnent correctement avec des HVP caractérisées. La définition d'un cahier des charges de brûleurs pour HVP restant le résultat majeur recherché dans cette étude.

En fonction des différences de conception dégagées, l'étude tentera d'établir, avec l'aide de professionnels des brûleurs, si des kits d'adaptation sont envisageables.

L'étude comparative des carburants devra aussi permettre de démontrer les avantages et inconvénients de la combustion des HVP dans un brûleur domestique par rapport au fioul domestique.

L'objectif est d'évaluer l'intérêt de développer l'utilisation d'HVP dans des brûleurs domestiques.

### Sites d'expérimentation identifiés :

- ⇒ Agriculteur du Lot et Garonne (contact Chambre d'Agriculture Lot et Garonne)
- ⇒ Serres HORTIS Aquitaine
- ⇒ Coopérative Tabac Garonne Adour (47)

### *Exemple de démarche :*

**Objet** : démontrer la possibilité d'utilisation d'huile de tournesol pure comme combustible pour les séchoirs à tabac.

**Contexte** : le séchage du tabac dans des fours type « Virginie » se déroule sur deux mois en juillet et août. Les séchoirs utilisant du fioul sont équipés d'échangeurs. Chaque séchoir consomme environ 400 litres de fioul par semaine soit 3000 litres par campagne. Les cycles se caractérisent par une régulation au degré près ce qui entraîne de nombreux arrêts et redémarrage des brûleurs. Pour cela, les intéressés préféreraient s'équiper de brûleurs spécialement modifiés plutôt que d'essayer d'adapter les existants.

**Intérêt technique du projet** : l'intérêt ne repose pas sur les quantités utilisées qui sans être faibles ne sont pas importantes. Mais cette application correspond assez bien aux puissances et aux volumes de combustibles rencontrés en usage domestique. Avec de plus

---

une similitude quant aux nombreux arrêts et redémarrages qui sont les phases significativement les plus délicates lors du fonctionnement avec des HVP.

Les données et renseignements issus de ce projet seront exploitables en ce qui concerne la qualité du brûleur testé aux HVP et donneront une assez bonne prédiction d'un usage domestique de ce dernier au tournesol (à l'exception des conditions climatiques).

**Intérêt économique du projet** : L'intérêt repose là aussi sur la similitude avec un usage domestique. Les temps de retour observés seront exploitables pour le chauffage individuel. Par ailleurs, les quantités mises en jeu sont aussi suffisamment faibles pour imaginer une pérennité au sein du monde agricole.

---

### **Fiche n° 3 : Petite cogénération**

#### **Installation et suivi d'une installation de petite cogénération HVP à la ferme ou dans une petite unité artisanale**

Devant l'augmentation du prix des énergies et les réalisations dans les pays européens voisins (Allemagne, Autriche...), de nombreux exploitants agricoles mais également des gestionnaires d'équipements collectifs (communes, hôpitaux...) envisagent de s'équiper d'unités de cogénération (production simultanée de chaleur et d'électricité) à partir d'huile végétale pure.

Des constructeurs européens (Energistro –Italie-, DACHS –Allemagne, Cogenco-Belgique, Energie-Relais – France,...) proposent des unités de cogénération diesel, au gazole, à l'ester méthylique ou à l'huile végétale pure. Les gammes de puissance se situent entre 5 et 100 kWé avec une production de chaleur associée (15 à 300 kWth). Ils annoncent un rendement global de 90 % (20 à 35 % électrique).

Ce type d'équipement a l'avantage de fournir une autonomie énergétique à des sites isolés. Elle intéresse les usagers ayant des besoins d'énergie thermique importants (on produit 2 fois plus d'énergie thermique que d'électricité). Le taux de valorisation global de 90 % annoncé par les constructeurs est théoriquement possible. En pratique, il est extrêmement difficile à atteindre puisqu'il faut alors non seulement valoriser en totalité l'électricité (ce qui est possible avec un couplage au réseau), mais également toute la chaleur, ce qui est beaucoup plus difficile puisqu'on a toujours désajustement entre les phases de production et les périodes d'utilisation. Des stockages importants sont donc nécessaires ainsi que des systèmes de dissipation. Il est donc nécessaire de vérifier les taux de valorisation effectivement obtenus en conditions d'exploitation réelle.

Il est essentiel d'optimiser les conditions techniques, environnementales et économiques de l'utilisation d'huile végétale pure dans des unités de cogénération de petite puissance et d'en vérifier l'intérêt environnemental et économique.

#### **PROPOSITION D'ETUDE COMPARATIVE D'UTILISATION DES HUILES VEGETALES PURES DANS DES PETITES COGÉNÉRATIONS UTILISANT HABITUELLEMENT DU FIOUL DOMESTIQUE**

Le site adapté à l'expérimentation doit répondre aux critères suivants :

- ⇒ Localisation à proximité de l'unité de production d'HVP pour minimiser les frais de transport, et possibilités de stockage d'HVP sur site
- ⇒ Besoins en chaleur importants et réguliers pour une valorisation optimale (l'électricité, du fait du couplage au réseau, constitue la variable d'ajustement).

L'étude comparative portera sur les éléments suivants :

- ⇒ **performances énergétiques (rendement global, rapport électricité/chaleur, valorisation optimisée de la chaleur),**
- ⇒ **performances environnementales (émissions gazeuses...),**

- 
- ⇒ **approche économique en coût global (évaluation du prix de revient de l'électricité et de la chaleur en prenant en compte les charges d'amortissement, d'exploitation et de combustible de l'installation),**
  - ⇒ **comparaison avec l'utilisation d'autres combustibles en cogénération (gazole, propane...)**
  - ⇒ **comparaison avec d'autres combustibles fossile (gazole) ou renouvelable (bois...) pour la production de chaleur seule.**

### **Résultats attendus**

L'étude comparative technique et économique devra permettre de démontrer les avantages et inconvénients de l'utilisation de HVP dans des petites unités de cogénération (entre 5 et 50 kWé et 15 à 150 kWth) par rapport à un témoin (le fioul domestique ) et à une filière concurrente voisine (biomasse ligneuse).?

### ***Comparer les solutions en coût global***

La notion de coût global est essentielle pour comparer de la façon objective deux (ou plusieurs) solutions énergétiques, la première conventionnelle dite de référence, et les secondes innovantes dites alternatives.

Le prix de revient de l'énergie final (chaleur, électricité) dépend en effet de plusieurs paramètres :

- **L'amortissement** des équipements (stockage, chaudière ou moteur) en place ou à créer (cet amortissement est calculé à partir des investissements, des frais financiers, de la durée de vie des matériels).
- **Les frais d'exploitation et de maintenance/entretien courant** auxquels s'ajoutent en principe des provisions pour grosses réparations
- **Les coûts d'approvisionnement des combustibles ou carburants**, entre chaudière ou entre moteur.

Le cumul de tous ces coûts est comparé pour chacune des solutions, globalement, et ramené au MWh sortie chaudière ou sortie moteur. On raisonne en HT pour les entreprises et en TTC pour les particuliers.

Les aides à l'investissement ou au fonctionnement viennent minorer le prix de revient de l'énergie produite. Dans le cas de la cogénération, il faut répartir ce coût global afin d'évaluer le prix de revient des deux produits complémentaires (l'électricité et le chaleur) au prorata des quantités obtenues ou selon une clé de répartition qui tienne compte des prix relatifs de ces co-produits sur le marché (le MWh électrique étant beaucoup plus cher que le MWh thermique).

#### Exemple

	Solution conventionnelle (chaudière FOD)	Solution alternative 1 (chaudière HVP)	Solution alternative 2 (cogénération HVP)	Autre biomasse
Production énergétique	21 MWhth	21 MWhth	7 MWhél + 14 MWhth	
Amortissement				
Exploitation, entretien				
Combustible				
Coût global HT ou TTC				
Coût au MWh				

Dans l'hypothèse où l'électricité est vendue intégralement au réseau EDF, celle-ci devient un produit d'exploitation, le prix de revient de la chaleur est alors calculé selon la formule suivante :

$$\frac{\text{Coût global} - \text{produit de la vente d'électricité}}{\text{Nombre de MWh thermiques obtenus (et effectivement valorisés)}}$$

---

## **METHODOLOGIE PROPOSEE**

- ⇒ Identifier dans la région Aquitaine, plusieurs sites (serres 1 MW par exemple) propices à l'installation d'une unité de cogénération de petite puissance (5 à 100 kWé), en recherchant des établissements (élevages, ateliers artisanaux, consommateurs d'énergie thermique et électrique sur une longue durée > 3500 à 4000 h/an).
- ⇒ Sélectionner les meilleures technologies disponibles sur les marchés européens à partir des références des constructeurs allemands, autrichiens, ...
- ⇒ Etablir un protocole d'essais et de mesures des performances énergétiques et environnementales (suivi sur une année avec analyse détaillée des paramètres énergétiques et environnementaux pendant 2 semaines en plein hiver et en demi-saison)
- ⇒ Evaluer les perspectives de développement de la technologie cogénération HVP sur la base d'une analyse multicritères (techniques et économiques), en faisant varier différents paramètres :
  - Coût d'investissement/subvention
  - Coût d'exploitation, coût de combustible/défiscalisation
  - Prix de vente de l'électricité verte, opportunité et intérêt de substituer la chaleur produite par HVP à celle produite à partir d'autres énergies fossile (FOD) ou renouvelable (bois énergie...).
- ⇒ Identifier les freins (réglementaires, fiscaux...) au développement de la filière.

## **Sites d'expérimentation identifiés en Aquitaine**

- ⇒ Serres HORTIS et lycée agricole
- ⇒ Chambre d'Agriculture du Lot et Garonne

---

## **Fiche n° 4 : Brûleur industriel**

### **Etude comparative des performances d'un brûleur/chaudière industriels utilisant des HVP, des HAU et du fioul domestique**

BLANC NETTIS est une blanchisserie industrielle dont le siège et l'activité sont situés :  
à BRANTOME (Dordogne) Tél 05 53 35 27 71 Fax 05 53 35 26 94  
Nom du dirigeant : Mme MERLE

L'entreprise BLANC NETTIS pour les besoins de son process, produit de la vapeur à partir de gaz naturel. En avril 2002, à l'occasion du passage du propane au gaz naturel, l'entreprise a mis en place une chaudière neuve de marque ALSTOM, équipée d'un brûleur à coupelle rotative SAACKE. Cette installation a été prévue de façon à pouvoir brûler des huiles et graisses alimentaires usagées, préalablement transformées en biofioul par la société ECOGRAS et commercialisées sous le nom de MIXOIL.

Une demande d'autorisation concernant un changement de combustible, sans modification de l'installation existante (à l'exception de la mise en place d'une cuve de stockage du biofioul à l'emplacement de l'ancienne cuve de propane qui a été déposée) ni du mode d'exploitation en vigueur (surveillance permanente de l'exploitation pendant les heures d'activité de l'entreprise) a été effectuée en janvier 2003. Suite à l'instruction du dossier et à l'enquête publique, le Préfet a autorisé l'exploitant à utiliser des huiles alimentaires usagées début 2006.

La pose de la cuve de stockage d'huile alimentaire usagée et son raccordement à la chaudière existante sont en cours (mai-juin 2006). L'installation commencera à brûler des huiles alimentaires usagées début septembre 2006.

### **Technologie de combustion des huiles et graisses de cuisson**

Huiles et graisses de cuisson s'apparentent à un fioul lourd du point de vue de la viscosité, mais à un fioul domestique quant à leurs caractéristiques chimiques et aux émissions issues de sa combustion. Bien que ce produit subisse un traitement approprié et un contrôle qualité, on ne peut pas exclure, du fait de sa production artisanale, une certaine variabilité d'une livraison à l'autre. À titre d'exemple, une proportion plus forte d'huile de palme dans un lot entraînerait une fluidité plus faible et des conditions de réchauffage et d'injection plus délicate.

En fonction des caractéristiques des huiles alimentaires usagées et en s'appuyant sur les références des constructeurs présents sur le marché français, l'entreprise BLANC NETTIS a choisi pour brûler des huiles et graisses de cuisson usagées, un brûleur à coupelle rotative de marque SAACKE de 1,4 MW pour équiper une chaudière vapeur ALSTOM de 3 tonnes/heure (bridée à 2 tonnes/heure).

---

### **Plusieurs avantages**

SAACKE, fabricant allemand ayant une filiale en France, commercialise des brûleurs industriels à coupelle rotative, utilisés pour brûler des produits particulièrement difficiles et hétérogènes, comme les boues pétrolières sur les navires (3 500 références dans le monde). En France, l'entreprise dispose de plus de 1 500 références en particulier dans l'industrie et dans les chaufferies urbaines, à partir de fioul lourd et de tous autres combustibles liquides et gazeux. Sur la chaufferie du réseau de chaleur de Vénissieux, équipée de chaudières avec brûleurs à fioul lourd à coupelle rotative, DALKIA et SAACKE ont effectué une campagne d'essais de combustion des graisses. Sur la base des résultats de cette campagne suivie par l'APAVE, l'exploitant a obtenu l'accord de la DRIRE pour substituer des graisses et huiles organiques de récupération au fioul lourd utilisé jusqu'alors.

Par rapport à un brûleur classique (à gicleur), un brûleur à coupelle rotative présente plusieurs avantages :

- Fonctionnement à basse pression, ce qui augmente la sécurité (et sa longévité) ;
- Pulvérisation/atomisation par coupelle rotative, ce qui évite un gicleur à orifice calibré toujours susceptible de se colmater ;
- Grandes plages de modulation de puissance selon le constructeur,
- Rendement excellent, supérieur de 2 à 5 % à celui obtenu avec un brûleur de conception classique ;
- Grande fiabilité du matériel et durée de vie dépassant 20 ans de fonctionnement ;
- Possibilité de passer sans transition d'un combustible liquide à un combustible gazeux.

Ce dernier point est une des considérations qui ont motivé la décision de BLANC NETTIS puisque cette technologie mixte (huiles alimentaires usagées + gaz) permet à la fois d'utiliser un combustible nouveau (huiles alimentaires usagées) à un prix attractif, tout en conservant la sécurité offerte par un combustible commercial classique (gaz naturel), qu'il s'agisse de faire face à une difficulté ponctuelle de livraison ou de se prémunir contre les incertitudes inhérentes à la mise en place d'une filière émergente.

L'installation fonctionne pendant la durée d'activité de l'établissement (10 heures par jour) et est arrêtée hors horaires de service et durant les week-ends. Elle est exploitée directement par le personnel de l'établissement sous la responsabilité de l'employeur avec présence humaine permanente. L'installation fera l'objet d'un contrôle APAVE chaque année.

---

## **PROPOSITION D'ETUDE COMPARATIVE DE COMBUSTION DES HUILES VEGETALES PURES, DES HUILES ALIMENTAIRES USAGÉES ET DU FIOUL DOMESTIQUE**

Le brûleur étant adapté à la combustion d'huiles alimentaires usagées (qui peuvent comporter certaines impuretés) l'est a priori également pour des huiles végétales pures. Ce brûleur peut utiliser aussi du fioul domestique et du gaz naturel. La gérante de Blanc Nettis a donné son accord pour une utilisation et un suivi de différents combustibles, à condition que le coût de ces essais soient pris en charge par un tiers.

L'étude comparative portera sur les éléments suivants :

- ⇒ Matière sèche, impuretés solubles dans l'hexane, teneur en oxygène, teneur en hydrogène, PCI, taux de cendre, masse volumique à 90°C, viscosité à 60°C, teneur en soufre, point éclair en °C, point de fusion en °C pour chacun des trois combustibles (HVP, HAU et FOD) ;
- ⇒ Rendement de combustion
- ⇒ Excès d'air (% O<sub>2</sub>)
- ⇒ Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)
- ⇒ Monoxyde de carbone (CO)
- ⇒ Composés organiques volatiles (COV)
- ⇒ Dioxydes de soufre (SO<sub>2</sub>)
- ⇒ Oxyde d'azote (NOX)
- ⇒ Poussières
- ⇒ Prélèvements et analyses des dépôts dans la chambre de combustion (avec plaquettes témoins pour mesures pondérales)

### **Résultats attendus**

L'étude comparative devra permettre de démontrer les avantages et inconvénients de la combustion des HVP dans un brûleur industriel par rapport à un témoin (le fioul domestique) et à un combustible concurrent aux caractéristiques voisines (les HAU).

L'objectif est d'évaluer l'intérêt de développer l'utilisation d'HVP dans des installations industrielles, seules ou en mélange avec des HAU.

### **Sites d'expérimentation identifiés en Aquitaine**

- ⇒ Blanchisserie BLANC NETTIS à Brantôme en Dordogne

---

**Fiche n° 5 : Cogénération industrie (projet à venir en 2008)**

Société d'exploitation par délégation de service public sur une ZAC.

Production d'électricité et d'eau chaude avec des HVP en groupes Diesel

**Cadre** : Exploitant par délégation de service public– production d'eau chaude et d'électricité dans une ZAC

**Lieu** : Ville de Narbonne (11)

**Objet** : utiliser une unité de cogénération diesel existante alimentée par du fioul et démontrer la possibilité d'utilisation d'HVP comme combustible.

**Contexte** : le contrat d'exploitation actuel arrive à échéance en juillet 2008. Les postulants au futur contrat doivent répondre au cours du dernier trimestre 2006. L'unité est composée de chaudières produisant 6.3 MW thermique et de 2 groupes électrogènes produisant 3 MW thermique et 3 MW électrique.

Il est techniquement possible de passer les 2 groupes à 100 % d'HVP.

La quantité annuelle totale d'HVP est estimée à 2000 m3.

**Intérêt technique du projet** : l'intérêt porte sur la validation pratique de l'usage d'HVP en substitution massive de fioul et sur la faisabilité en cogénération industrielle.

Tous les aspects contractuels de fourniture d'HVP devront être vérifiés lors de l'étude préparatoire ce qui constituera un exemple intéressant. Les aspects logistiques sur des quantités importantes pourront être examinés dès la première année de mise en œuvre. Les performances globales (consommations, rendements) pourront être suivies ainsi que la mesure des émissions à l'échappement. Entretien, maintenance et impact sur le moteur pourront faire l'objet d'un suivi précis.

C'est une « Vitrine technique » inédite en France.

**Intérêt économique du projet** : L'intérêt repose sur la maîtrise des coûts spécifiques à l'usage d'HVP et constituera un des enseignements majeurs de ce projet pour des répliquabilités en France. Ceci au moment où se mettent en place les mécanismes de « certificats d'économie d'énergie » et de « taxes sur le CO2 fossile ».

---

## **Fiche n° 6 : Utilisation d'HVP dans les moteurs de bateaux de pêche professionnelle**

Bateaux de pêche professionnelle, plus particulièrement les chalutiers côtiers qui rentrent chaque jour au port.

**Cadre** : Pêcheurs professionnels de la côte Aquitaine. Substitution d'une partie du gazole pêche par des HVP.

**Lieu** : Port de pêche en Aquitaine

**Objet** : Test en vraie grandeur de l'utilisation d'HVP dans un chalutier selon le mode « bicarburation » contrôlée par la charge du moteur en phase chalutage.

### **Contexte :**

La Loi d'Orientation Agricole du 5 janvier 2006 (Loi n°2006-11) prévoit à son article 49 une modification de l'article 265 du code des douanes qui autorise la vente et de l'utilisation des huiles végétales pures comme carburant agricole et exemption de ces mêmes huiles de taxe intérieure de consommation : code des douanes, art. [265](#) ter et s. De même le quatrième alinéa autorise l'utilisation dans les navires de pêche :

*« Art. 265 quater. - La vente d'huile végétale pure en vue de son utilisation comme carburant agricole ou pour l'avitaillement des navires de pêche professionnelle ainsi que cette utilisation sont autorisées à compter du 1er janvier 2007. Un décret précise, au vu du bilan de l'application du 2 de l'article 265 ter, les modalités de production, de commercialisation et d'utilisation de ce produit. »*

Par ailleurs, il existe un groupe de travail « Mode de production et usage des HVP » piloté par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche qui a pour vocation d'établir les spécifications techniques minimales applicables à ces produits en fonction de leur usage. Les données nécessaires à un tel travail n'existent pas dans le secteur de la pêche et doivent être établies.

Une étude en cours permettra de faciliter la rédaction du Programme Opérationnel du futur FEP concernant les aides à la modernisation des navires conditionnées à des économies d'énergie (Axe 1 ; art 20, 24 et 25 du projet de règlement).

Le gazole pêche est passé depuis janvier 2005 de 0,317 €/litre à 0,470 en fin juillet 2006. Actuellement un soutien public permet aux pêcheurs professionnels de payer le gazole pêche au prix de 0,350 €/litre. Ce soutien provisoire doit être renégocié en 2007. L'utilisation d'HVP pour ces flottilles captives peut être intéressante et semble bien rentrer dans le cadre d'usage des biocarburants cité dans les directives européennes.

**Intérêt technique du projet** : Une première enquête semble démontrer que 70 % de la consommation de carburant des chalutiers côtiers a lieu pour des charges des moteurs proches du nominal. Ce qui indique qu'un système de bicarburation contrôlé par la charge utilisée permettrait une réduction de 70 % du carburant fossile.

Ces chiffres sont à vérifier sur un navire représentatif. Ils permettraient :

- 
- de dimensionner les quantités d'HVP à mobiliser pour les flottes d'Aquitaine,
  - d'envisager les logistiques à mettre en place,
  - d'établir les scénarios économiques en fonction des différentiels « Gazole pêche – HVP – soutien public ».

Du point de vue technique, les performances globales (consommations, rendements) pourront être suivies ainsi que la mesure des émissions à l'échappement. Entretien, maintenance et impact sur le moteur pourront faire l'objet d'un suivi précis.

---

## IV – Proposition de cahier des charges de projets d'utilisation d'HVP hors utilisations biocarburant

Type d'application : chaleur                      cogénération (élec + chaleur)  
 autre :

HVP utilisée :  
 Transformateur utilisé :        moteur                      brûleur  
 autre :

Durée du projet :  
 Quantité d'HVP prévue pour la durée du projet :

OBJET (titre du projet) :

LIEU :

CONTEXTE :

INTERET POUR LE DEMANDEUR :

-----

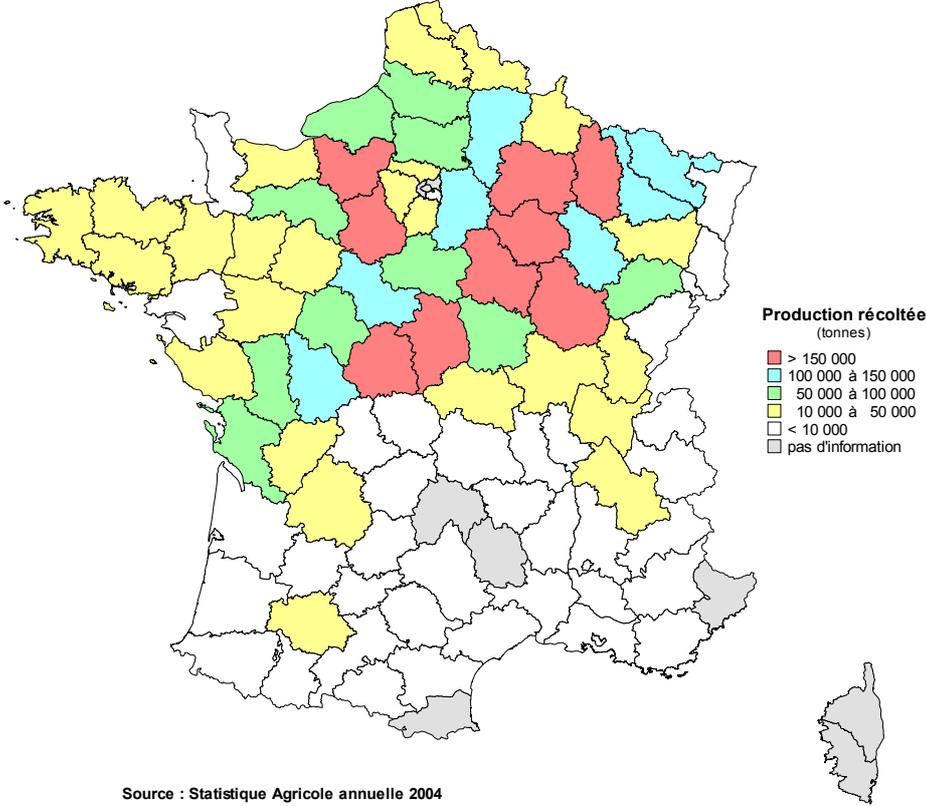
Le projet doit permettre de répondre aux points suivants et/ou fournir les données et informations exploitables pour orienter d'autres actions similaires.

1. Assurer une qualité d'HVP minimale et constante pour la durée du projet (décrire l'origine de l'HVP envisagée : produite où , par qui, comment ? Résultat d'analyse simplifiée)
2. Décrire la logistique envisagée pour l'approvisionnement en HVP ainsi que son stockage
3. Décrire le matériel objet du test et le mode de sélection (sélection des meilleures technologies disponibles sur les marchés européens à partir des références suivantes,...)
4. Décrire le protocole de collecte des données permettant l'évaluation précise des performances globales (énergie produite, consommation d'HVP, rendements,...)
5. Décrire le protocole d'essais et de mesures des performances environnementales (description de la ou des campagnes de mesures des émissions et rejets).

## **ANNEXES**

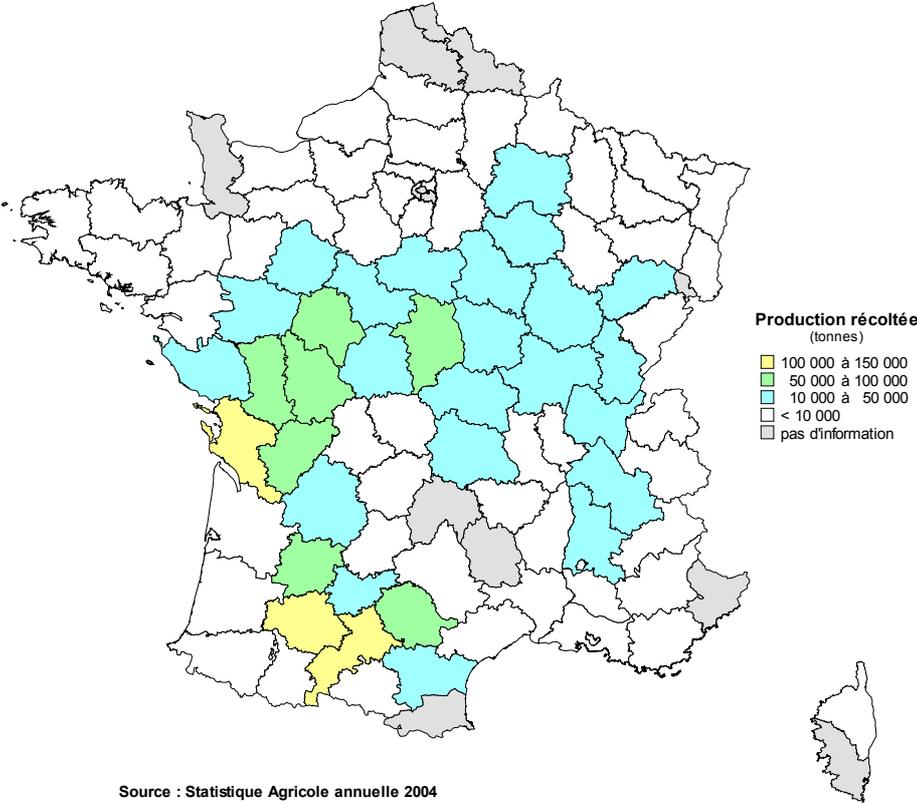
- Carte de production des oléagineux en France
- Carte production de tournesol en France
- Carte production de colza en France
  
- Etude 100 tracteurs

# Carte production colza



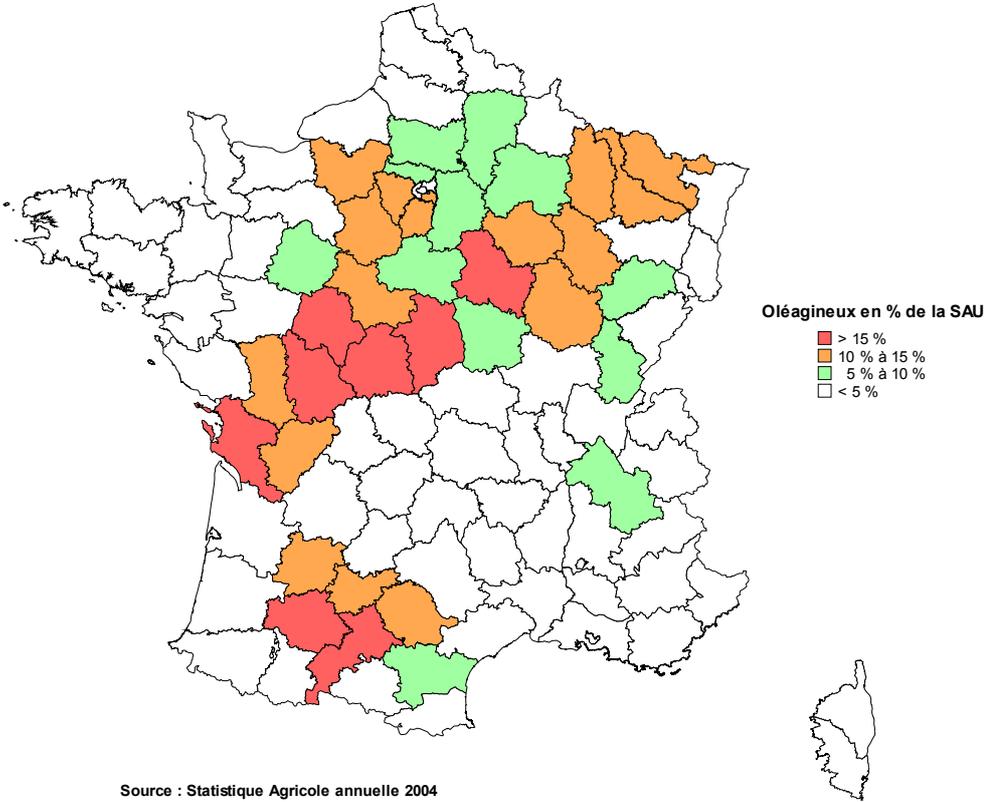
Source : Statistique Agricole annuelle 2004

# Carte production tournesol



Source : Statistique Agricole annuelle 2004

# Carte surface oléagineux



# 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)

## Table des matières

1. Introduction .....	2
2. Déroulement du projet .....	2
3. Les Concepts de modifications .....	3
4. Puissance .....	3
5. Emissions de gaz.....	5
6. Pannes et dérangements.....	5
7. Usures et dépôts.....	6
8. Qualité de l'huile de graissage (huile moteur).....	7
9. Qualité de l'huile de colza .....	7

## 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 frimes 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.

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

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
- Et l'einsatzspektrum des tracteurs

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 :

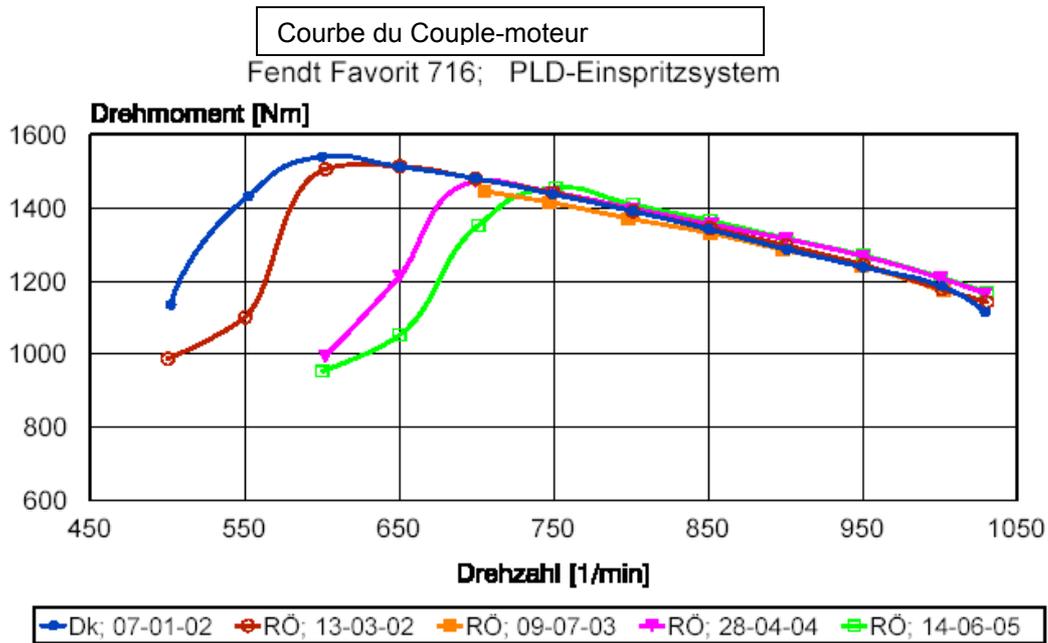
- Le préchauffage du bloc-moteur
- Agrandissement du diamètre des conduites à basse pression du carburant
- Renforcement des pompes à carburant basse pression ( stärkere Niederdruckkraftstoffpumpen ?),
- Agrandissement des filtres à carburant
- Préchauffage de l'huile
- Régulation de la température de 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.

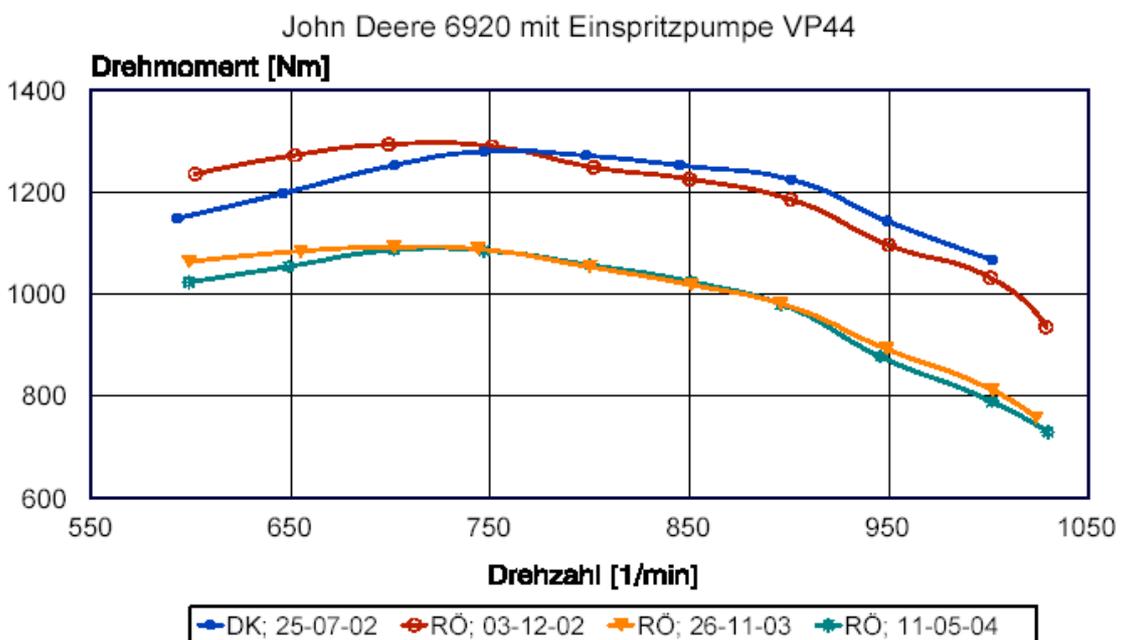
**Tableau 1:** Comportement du Couple-moteur d'un tracteur (Fendt Favorit 716, injection à haute pression, pompe-conduite-injecteur) carburant à l'HVP et n'ayant subi aucune panne



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.

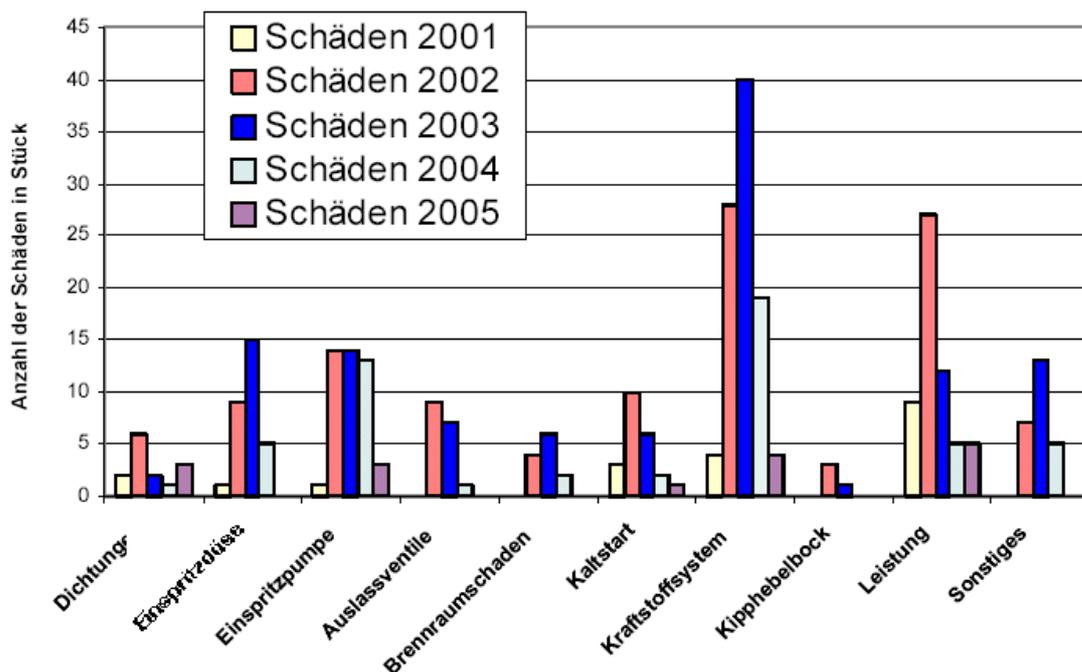
## 6. Pannes et dérangements

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/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 (pompe-conduite-injecteur) 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). 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.

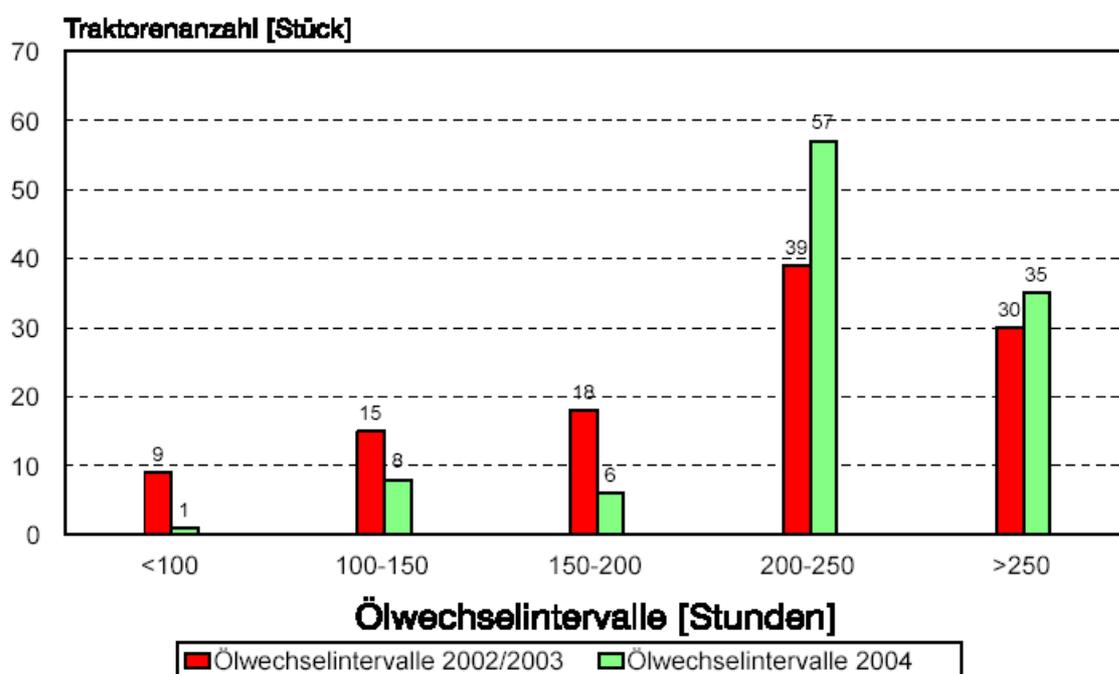
## 8. Qualité de l'huile de graissage (huile moteur)

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 huile carburant doivent être quantifiés. 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

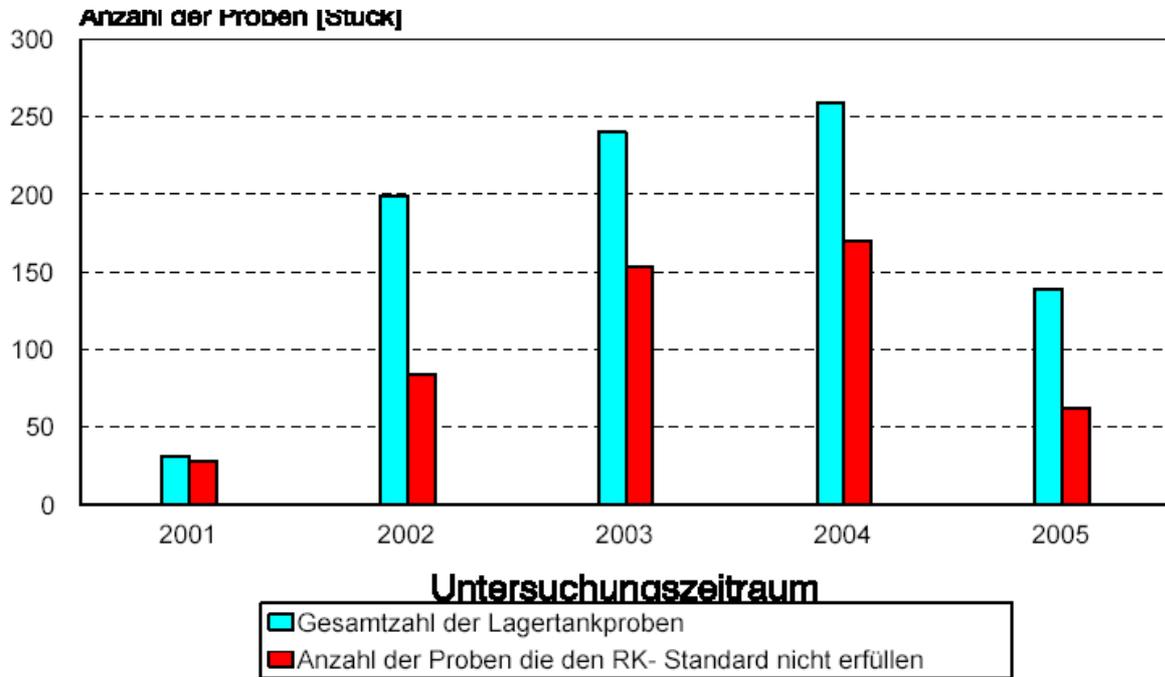
axe horizontal : Intervalle des vidanges (en heures), rouge : entre 2002 et 2003/vert : en 2004

## 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 (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 : nbre de d'échantillons

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