

Diversification agricole: guide pour la production et les débouchés d'huile et de tourteau de colza à la ferme



***Sur base du rapport final du projet Tricof, mis en œuvre au sein de
la FUSAGx, par P. Joye sous la direction de Mr le Prof. C.
Debouche.***

Avec le soutien de la Région wallonne – Direction Générale de l'Agriculture

**Marie-Hélène NOVAK
Jean-Marc JOSSART**

Juin 2004

Sommaire

1	Introduction	4
2	Principes généraux	5
2.1	Entreposage et préparation des graines	5
2.1.1	Pesage de la récolte	5
2.1.2	Règles de stockage – humidité - température	5
2.1.3	Ventilation de refroidissement.....	6
2.1.4	Séchage	6
2.1.5	Nettoyage des graines.....	6
2.1.6	Manutention des graines	6
2.2	Trituration des graines	7
2.2.1	Presses	7
2.2.2	Automatisation.....	8
2.2.3	Stockage du tourteau	8
2.3	Purification et stockage de l'huile.....	8
2.3.1	Sédimentation.....	9
2.3.2	Centrifugation	10
2.3.3	Filtration.....	10
2.3.4	Stockage.....	12
3	Description et performances de l'unité pilote	13
3.1	Stockage et préparation des graines	13
3.2	Trituration	14
3.2.1	Description de la presse	14
3.2.2	Rendement en huile	15
3.2.3	Consommation électrique	15
3.3	Purification de l'huile	15
3.3.1	Décantation.....	15
3.3.2	Filtration.....	16
3.4	Stockage et dénaturation des co-produits.....	17
3.4.1	Huile.....	17
3.4.2	Tourteau.....	17
4	Propriétés physiques et chimiques du colza et de ses sous-produits	18
4.1	Graines de colza.....	18
4.2	Tourteau de colza.....	18
4.3	Huile de colza.....	19
5	Valorisation des coproduits de la trituration	21
5.1	Hulle	21
5.1.1	Valorisation alimentaire de l'huile (et comme agent anti-poussière)	21
5.1.2	Huile carburant.....	21
5.1.3	Huile combustible.....	27
5.1.4	Huile pour l'alimentation d'un groupe de cogénération	28
5.1.5	Huile de chaîne de tronçonneuse.....	28
5.1.6	Huile technique et autres valorisations	31

5.2	Tourteau	31
5.2.1	Tourteau alimentaire (bétail)	31
5.2.2	Tourteau combustible.....	32
6	Analyse environnementale.....	33
6.1	Bilan énergétique de la production d'huile de colza	33
6.1.1	Bilan environnemental de l'utilisation carburant de l'huile de colza	33
6.1.2	Bilan environnemental de l'utilisation de l'huile de colza comme combustible	34
6.1.3	Bilan environnemental de l'utilisation de l'huile de colza comme huile de chaîne	34
7	Analyse économique.....	35
7.1	Investissements	35
7.2	Les consommations	35
7.2.1	Matière première.....	35
7.2.2	Electricité	36
7.2.3	Cartouches de filtration	36
7.2.4	Entretien et réparations.....	36
7.2.5	Charges salariales	36
7.2.6	Charges financières.....	36
7.3	Les produits	37
7.3.1	Huile.....	37
7.3.2	Tourteau.....	37
7.4	Calcul économique de la transformation des graines.....	37
7.5	Aides et subventions possibles	38
7.5.1	Au niveau de l'exploitation.....	38
7.5.2	Au niveau d'un groupement.....	38
8	Aspects législatifs et réglementaires.....	40
8.1	Réglementation agricole	40
8.1.1	Situation initiale (avant la révision à mi-parcours de 2003)	40
8.1.2	Situation révisée.....	41
8.2	Réglementation fiscale	41
8.2.1	T.V.A	41
8.2.2	Accises.....	42
8.3	Directives européennes pour la promotion des biocarburants.....	42
8.3.1	La directive « fiscale »	42
8.3.2	La directive « promotion »	42
8.4	Réglementation sanitaire	42
8.4.1	Production de l'huile et responsabilité	43
8.4.2	Conditionnement et étiquetage	43
9	Conclusions	44
10	Bibliographie	45

1 Introduction

La survie financière des exploitations agricoles est compromise par le prix bas des produits sur les marchés. Ces baisses de revenus, voulues par les autorités européennes, n'ont été que partiellement comblées par les aides compensatoires octroyées aux agriculteurs dans le cadre de la PAC. De plus, ces baisses de prix au niveau du producteur n'ont pas été répercutées, ou si peu, au niveau du consommateur. La valeur ajoutée se concentre donc au niveau des quelques intermédiaires de la chaîne de l'agro-alimentaire. A défaut d'obtenir une répartition équitable de cette valeur ajoutée entre les différents maillons des filières, certains producteurs se sont déjà tournés vers une transformation et une valorisation directe à la ferme. Ainsi a-t-on pu voir fleurir dans nos campagnes nombre de « boucherie à la ferme ». Dans le domaine du non-alimentaire, de telles filières courtes, bien qu'elles n'aient pas encore fait leur apparition, sont possibles.

Un deuxième problème, dont on a relevé toute l'importance lors des récentes crises alimentaires qui ont secoué notre pays (vache folle, dioxine, OGM,...) est la qualité alimentaire et la traçabilité des différents produits proposés aux consommateurs. Une traçabilité optimale pourra être obtenue lorsqu'un maximum des aliments distribués aux animaux proviendront de l'exploitation elle-même en remplacement d'aliments du commerce dont l'origine ne peut souvent être déterminée avec précision (tourteaux de soja OGM,...). A ce propos, avec la levée annoncée du moratoire européen sur les OGM, ce rôle ne pourra que se renforcer pour garantir aux consommateurs qui le désirent des produits non-OGM.

Un troisième problème est, outre la production de produits de qualité, le rôle que la société attend de l'agriculture actuelle. En effet celle-ci, ainsi que la PAC qui lui est liée, suscite de nombreuses critiques (encouragement de la surproduction via une intensification qui engendre des pollutions, coût trop élevé, impact sur la faim dans le tiers-monde,...). Le défi des prochaines années est donc d'inscrire l'agriculture dans le cadre des attentes de la société. Pour ce faire, il va falloir conserver la valeur ajoutée au travail produit.

Enfin, en ce début de 21^{ème} siècle, la problématique de la consommation d'énergie fossile et les problèmes qui y sont liés (réchauffement climatique lié à l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère) deviennent de plus en plus aigus. L'agriculture, de par son rôle de producteur de matière première renouvelable peut se positionner pour assurer à ses concitoyens un approvisionnement en énergie renouvelable et propre. Les réglementations actuelles (certificats verts pour l'électricité) ou futures (promotions des biocarburants) devraient encourager l'agriculture à investir dans ce créneau.

Le présent guide se veut un outil d'aide à la décision et à la mise en œuvre d'une diversification à la ferme, basée sur la production d'huile et de tourteaux de colza. Il est le fruit d'une expérience pilote initiée par ValBiom, et mise en œuvre par la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux entre 2001 et 2003¹.

¹ JOYE, P., 2004 Transformation et valorisation du colza à la ferme. Projet développé avec le soutien de la Direction générale de l'Agriculture du Ministère de la Région wallonne. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. 246 pages.

2 Principes généraux

Le schéma général d'une installation de trituration peut se résumer en trois éléments :

1. entreposage et préparation des graines ;
2. trituration des graines ;
3. purification et stockage des co-produits de la trituration.

2.1 Entreposage et préparation des graines

Les règles de bonne conservation sont universelles et doivent, bien évidemment, être respectées dans le cas d'un stockage à la ferme. Les infrastructures nécessaires n'étant cependant pas toujours présentes, une attention particulière devra être apportée aux conditions de stockage des graines dont la transformation pourra n'intervenir que plusieurs mois après la récolte.

2.1.1 Pesage de la récolte

Il est toujours intéressant de pouvoir quantifier les produits récoltés aussi bien pour se faire une idée des rendements obtenus que pour prévoir la quantité de co-produits de la trituration qui seront obtenus et qui devront donc être écoulés.

Dans le cadre de la réglementation jachère, il est indispensable de faire cette pesée sur un pont-basculé homologué et régulièrement contrôlé par les Affaires Economiques et permettant d'obtenir des bons de pesées pouvant servir de documents justificatifs. Etant donné les faibles quantités généralement mises en œuvre dans les exploitations agricoles, il paraît totalement illusoire de s'équiper d'un pont-basculé pour les seuls besoins d'une telle unité de transformation. Le pont-basculé d'un négociant pourra très bien faire l'affaire. Dans le cas de colza alimentaire, on pourra se satisfaire de simples plots peseurs.

2.1.2 Règles de stockage – humidité - température

Récolté en juillet août, le colza est appelé à être trituré tout au long de l'année. Il doit donc être stocké en préservant l'élément essentiel de sa valeur : l'huile.

Stockés dans de mauvaises conditions, les oléagineux sont, comme toute denrée agricole, le siège de multiplication de micro-organismes. Ce phénomène est entre autre responsable d'un problème spécifique aux oléagineux : l'acidification qui s'accompagne d'un dégagement de chaleur plus important pour le colza que pour les autres graines.

Des acariens peuvent se développer dans des stocks de colza mal conservés. Ils peuvent alors se nourrir des moisissures qui se développent sur les grains. Ces populations d'acariens n'affectent pas la totalité du grain stocké. Ils fuient les points d'échauffement et se concentrent près de la surface. Les dégâts causés par les acariens n'ont pas d'incidence économique grave. Par contre, ils révèlent que le grain n'a pas été conservé dans de bonnes conditions.

Par contre, conservés dans de bonnes conditions de température et d'humidité, les oléagineux sont à l'abri des attaques d'insectes. A la différence des céréales, il n'existe d'ailleurs pas de matière active homologuée pour le traitement insecticide des oléagineux stockés. Des infestations secondaires à partir de céréales peuvent se produire dans les silos, par des insectes qui ne s'attaquent toutefois pas directement aux grains et ne dégradent pas la marchandise. Cette situation peut également se rencontrer directement après la récolte avec importation des insectes du champ vers le silo. La plupart de ces insectes ne survivent pas dans ces conditions et disparaissent après quelques temps.

2.1.3 Ventilation de refroidissement

La ventilation est utilisée pour refroidir les graines. Les règles d'échange de chaleur et d'humidité entre le grain et l'air sont communes à celles appliquées pour le stockage des céréales.

Le refroidissement se fait par étapes, comme pour les céréales : par exemple, une première dose immédiatement après la récolte pour amener la température du stock vers 20°C, suivie fin septembre, en novembre et aux premières gelées, de trois doses supplémentaires abaissant chacune la température de 5°C.

2.1.4 Séchage

Lorsque l'humidité du colza dépasse 8-9%, il est impératif de le sécher rapidement.

Plusieurs types de séchoirs existent sur le marché. Dans le cas d'une utilisation à la ferme, on privilégiera les séchoirs par lots (en opposition aux séchoirs continus), mobiles ou statiques.

2.1.5 Nettoyage des graines

Dans le but de préserver la presse de dégâts pouvant être occasionnés par des corps étrangers présents dans les graines et pour garantir un degré de pureté élevé des sous-produits de la trituration, on peut être amené à pratiquer un nettoyage des graines avant trituration. Les impuretés rencontrées sont des graines d'autres plantes (céréales), des morceaux de la plante de colza (pailles, débris de siliques), de petites pierres ou objets métalliques qui pourraient endommager la presse ou du moins bloquer la sortie du tourteau.

Les nettoyeurs-séparateurs classiques, qui retiennent la graine entre deux grilles et qui sont munis d'aspiration des éléments légers sur l'entrée de la graine sale et sur la sortie de la graine triée, conviennent parfaitement. Le choix des grilles est important : les perforations doivent être adaptées à la taille des graines. Le passage dans un trieur avec une grille de 2,2 à 2,5 mm permet de retirer la majeure partie des impuretés et pierres ainsi qu'une grande partie de la poussière. Pour ce qui est des objets métalliques qui pourraient être présents, le moyen le plus simple de s'en débarrasser est de recourir à l'emploi d'un aimant juste en amont de la presse sur le tuyau d'amenée des graines.

2.1.6 Manutention des graines

Tous les moyens de manutention existants pour le transport de grains peuvent être utilisés dans le cas du colza. Le choix de celui-ci sera principalement dicté par la disposition des locaux abritant l'unité de trituration. Si les distances sont courtes, les moyens retenus seront principalement les vis sans fin ou les bandes transporteuses. Lorsque la différence de hauteur est importante, des élévateurs à godets peuvent également être utilisés. Enfin, lorsque les distances seront plus importantes le transport des graines par flux d'air (souffleur) sera préconisé.

Par souci de facilité et d'économie d'énergie, et lorsque cela est possible, il est recommandé d'utiliser la gravité comme moyen de transport, aussi bien pour les graines que pour les sous-produits. Pour cette raison, l'unité de trituration sera idéalement placée dans un bâtiment de plusieurs étages, les graines étant amenées au-dessus de la presse, l'approvisionnement de celle-ci et l'écoulement des co-produits ne nécessitant plus alors de matériel spécifique.

2.2 Trituration des graines

2.2.1 Presses

De nombreuses sociétés présentent sur le marché des presses dont la capacité va de 5 à 2.000 kg de graines traitées à l'heure (Täby, IBG Monforts KOMET, Karl Strähle, Reinartz, De Smet Rosedowns, La Mécanique Moderne).

La capacité est variable en fonction de la machine elle-même (vitesse de rotation du moteur, diamètre de la buse de sortie du tourteau, température de chauffe de la tête) ou de la graine (type de graine (colza, tournesol, chanvre,...), taux d'impuretés, taux d'humidité).

Ces paramètres influencent le rendement d'extraction tel que, pour une même presse, plus la quantité de graines traitée par heure sera élevée (en augmentant par exemple la vitesse de rotation), moins le rendement d'extraction (en %) sera élevé.

Le type de presse présenté ici pratique « une première pression à froid ». En effet, contrairement à l'extraction industrielle, les graines ne sont pas chauffées avant la trituration. Dans certaines installations de grandes capacités, un léger préchauffage des graines (jusqu'à 20°C) peut cependant être réalisé par récupération de la chaleur du tourteau.

Il existe deux types de presses pour la production d'huile végétale de première pression à froid selon le modèle de vis utilisé et les orifices de sortie de l'huile.

Dans le premier type, le cylindre de la presse est constitué d'anneaux de métal disposés les uns à côté des autres, ce qui fait que l'ensemble ressemble à une cage, d'où son nom de presse à cage d'écureuil. Le diamètre de l'axe de la vis augmente ce qui entraîne une réduction du volume disponible pour les graines au fil de l'avancement de celles-ci. Les graines sont donc écrasées entre la vis et le cylindre extérieur, l'huile extraite s'écoulant par les espaces entre les différents anneaux circulaires constituant le cylindre extérieur. Le résidu est évacué, en bout de presse, sous forme de chips (cfr. tourteau de lin) via un étranglement entre la vis et le cylindre extérieur. Des presses de ce type existent pour des plages de capacités allant de 15 à 2000 kg/h.

Dans le second type de presse (Figure 1), l'huile est évacuée par des trous pratiqués dans une section du cylindre de la presse. Le tourteau est évacué sous la forme de bouchons au travers d'un nez interchangeable placé en fin de presse. L'extraction se produit par une compression des graines dans la chambre intérieure de la presse, compression qui est croissante en direction de la tête de presse. L'huile est extraite des graines à hauteur des trous et drainée vers eux. L'huile s'écoule par les orifices et le tourteau est évacué sous forme de bouchon en tête de presse.

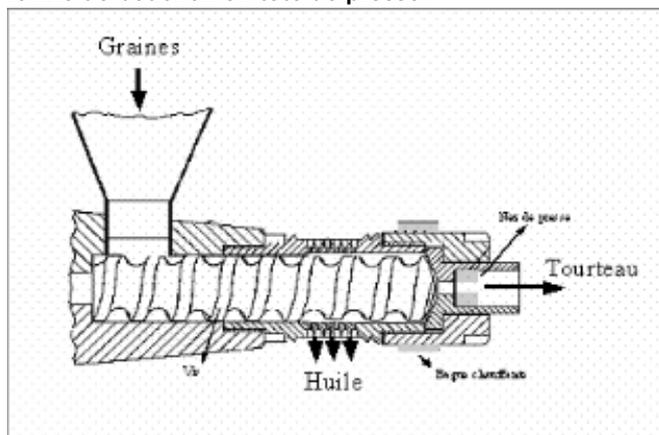


Figure 1: **Presse à cylindre perforé**

Lors du démarrage de la presse, la tête de celle-ci est chauffée au moyen d'une bague chauffante pour favoriser l'extraction et éviter un blocage de la sortie du tourteau. Après quelques temps de fonctionnement, ce chauffage n'est plus nécessaire, la température étant auto entretenue par le mécanisme d'extraction lui-même. La température est alors comprise entre 60 et 80 °C.

Le diamètre ainsi que la longueur de l'embout de sortie (ou nez de presse) peuvent être adaptés en fonction de la graine pressée ou des impuretés encore présentes (petites pierres,...). Ce type de presse est limité à de petites capacités (100 kg/h) et est facile à démonter et à nettoyer. L'ajustement de ce type de presse à un autre type de graine s'effectue par changement du nez de presse et modification de la vitesse de rotation.

2.2.2 Automatisation

Quel que soit le type de presse utilisé et la capacité de celle-ci, un dispositif de surveillance et de contrôle pourra être installé. Les investissements consentis pour ce système devront cependant rester compatibles avec la rentabilité économique. Ainsi, une surveillance automatique ne pourra se justifier que pour des capacités importantes. Une telle surveillance automatique pourra être constituée de différents capteurs qui enregistreront :

- soit le mouvement des graines : arrêt de l'unité en cas de défaut d'approvisionnement en graines pour éviter que la presse ne tourne à vide, ou en cas de blocage de la presse (obturation de la sortie du tourteau par exemple) ;
- soit le mouvement du tourteau : s'il n'y a plus détection du passage du tourteau devant le capteur, les raisons peuvent être similaires à celles développées ci-dessus.

Des capteurs de niveau peuvent également être placés dans les cuves d'huile pour prévenir un débordement ou éviter à une pompe de tourner à vide.

2.2.3 Stockage du tourteau

Le tourteau pourra être réceptionné et stocké tel quel. Etant donné ses caractéristiques (teneur en huile importante), il devra cependant être conservé dans de bonnes conditions, et, idéalement, au frais, à l'abri de l'humidité et de la lumière. Suivant les conditions de conservation, les délais de consommation iront de quelques jours (2 semaines) à quelques mois. Dans le cas d'un stockage dans de mauvaises conditions, on s'exposera à un développement de champignons qui peuvent produire des mycotoxines et rendront le produit impropre à la consommation.

2.3 Purification et stockage de l'huile

L'huile obtenue par pression à froid contient de l'ordre de 1 à 13 % en poids de matières solides, en fonction du type de graines, de la propreté de celles-ci et des conditions de trituration. Avant utilisation, elle devra donc subir un traitement pour la débarrasser de ces impuretés

Différentes techniques de purification de l'huile existent et sont présentes sur le marché, citons principalement la sédimentation, la filtration ou la centrifugation. Une décantation suivie d'une filtration ou centrifugation est aussi possible. Il est nécessaire de débarrasser l'huile des impuretés d'une taille supérieure à 10µm pour pouvoir viser les utilisations techniques.

Des délais trop longs entre la trituration et la filtration devront être évités, car à partir de quelques mois, une huile stockée dans de mauvaises conditions présentera une oxydation excessive qui pourrait poser des problèmes pour la filtration.

2.3.1 Sédimentation

La sédimentation est le moyen le plus simple et le moins coûteux de clarifier l'huile. En effet, on utilise ici la différence de densité entre l'huile et les particules solides pour effectuer la séparation solide/liquide. Ce processus, qui nécessite un espace et des temps de séjour importants, sera cependant recommandé pour des installations de faibles capacités (qui ne dépassent pas 1 tonne de graines/jour).

Un autre désavantage de la sédimentation est la teneur élevée en huile des sédiments. La filtration ou la centrifugation offrent, dans ce domaine, de meilleurs résultats.

Un système classique travaille par débordement. Dans chaque réservoir (représentant une étape de la sédimentation), l'huile reste un temps suffisant pour qu'une décantation puisse se réaliser (de 2 à 4 jours en fonction de la température ambiante, une température élevée diminue la viscosité de l'huile et favorise la sédimentation). Il est donc nécessaire d'avoir un volume correspondant à plusieurs jours de production. Les tuyaux de connexion devront, en outre, être disposés de telle manière qu'ils évitent de créer des remous qui pourraient remettre en suspension des particules déjà sédimentées.

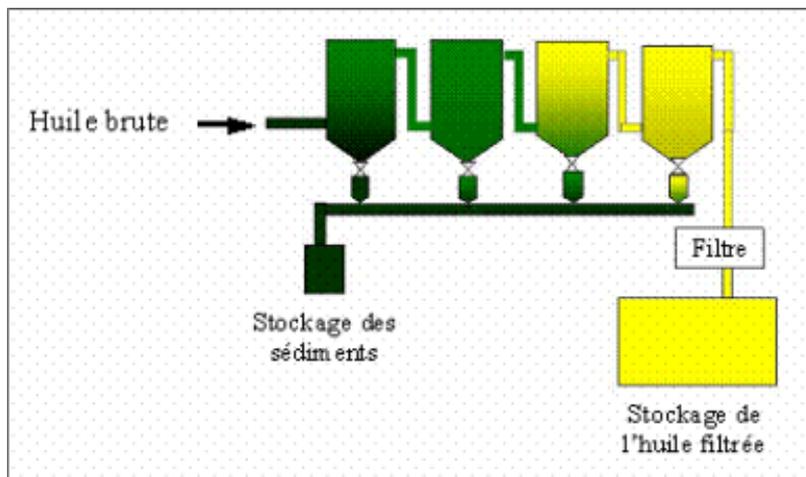


Figure 2: *Installation de sédimentation (+ filtre terminal)*

La figure 2 illustre une utilisation optimale de cette technique :

- les tanks de sédimentation présentent un fond conique qui permettra une évacuation des sédiments ne nécessitant pas d'action humaine ;
- ces sédiments se retrouvent dans de petits compartiments, qui peuvent être isolés du reste de tank de décantation par un système de vanne ;
- ces compartiments peuvent être vidés via une pompe à boues vers le stockage des sédiments.

Une alternative discontinue consiste, lors d'interruptions de production d'huile, à vidanger et nettoyer les tanks de sédimentation. Les sédiments recueillis peuvent être filtrés pour minimiser les pertes en huile. Ce résidu filtré peut également être utilisé en alimentation animale, tout en possédant une teneur en huile plus importante que le tourteau.

Dans des conditions optimales, la décantation permet de retirer de l'huile les particules ayant un diamètre supérieur à 8 μm . C'est pourquoi il est conseillé d'opérer, après décantation, une filtration de sécurité de l'huile lorsque celle-ci est destinée à l'alimentation de moteurs.

2.3.2 Centrifugation

Ce système de nettoyage utilise la force centrifuge pour sédimenter plus rapidement les particules solides présentes dans l'huile. Ce type d'appareil est utilisé entre autre pour purifier l'huile d'olive. Le type d'appareil est choisi en fonction du type et des dimensions des particules contenues dans l'huile. La viscosité élevée des huiles végétales peut poser problème avec ce type d'appareils et des tests doivent être effectués avant de porter son choix. Une solution proposée par certains constructeurs consiste à chauffer l'huile pour en abaisser la viscosité.

2.3.3 Filtration

Le choix d'un filtre dépend de la nature de l'installation (continue, discontinue, débit) et de l'objectif recherché (filtration grossière ou primaire ou filtration de sécurité).

La température de l'huile est également très importante. En effet, une basse température favorise l'apparition de glycérine qui va provoquer un blocage rapide de la membrane. De même, le flux d'huile au travers de la membrane diminue avec des températures faibles. Il est recommandé de filtrer une huile dont la température est au minimum de 20°C. D'un autre côté, il ne faut pas chauffer l'huile à des températures supérieures à 60°C car cela augmente les risques d'oxydation et une diminution de la durée de conservation de l'huile.

Lorsque le débit d'huile sortant de la presse est suffisant pour alimenter le filtre, la filtration peut se faire en continu. Bien souvent cependant, le débit sera insuffisant et il est alors possible d'opter pour un système discontinu. Dans ce cas, pour éviter une décantation des particules et assurer l'alimentation du filtre par un produit homogène, l'huile brute sera stockée dans un réservoir intermédiaire et sera homogénéisée.

2.3.3.1 *Filtres à toiles métalliques (filtration primaire)*

La filtration primaire est régulièrement réalisée au travers de filtres à toiles métalliques, ces toiles ne constituent pas la paroi poreuse proprement dite mais servent de support à celle-ci qui est alors constituée par le gâteau. Une première étape de filtration consiste donc à déposer une épaisseur de gâteau suffisante qui assurera une filtration plus fine de l'huile. Au cours de cette première étape, l'huile circule en boucle jusqu'à ce que le gâteau soit constitué. Cette première étape peut durer jusqu'à 30 min.

Les toiles métalliques peuvent être de forme rectangulaire et disposées verticalement, elles peuvent également être de forme circulaire et disposées autour d'un axe vertical. Dans ce cas, en fin de filtration, un moteur fait tourner l'axe et le gâteau de filtration est détaché par la force centrifuge avant d'être évacué par une vanne située dans la partie inférieure du filtre.

Du fait de leur principe même, les filtres à toiles métalliques peuvent laisser passer des quantités plus ou moins importantes de particules solides. Les anomalies les plus fréquentes sont constatées en début de cycle (pré-couche insuffisamment formée) et en fin de cycle (pression d'alimentation trop élevée qui provoque des fissures dans le gâteau). Pour cette raison, ils devront obligatoirement être doublés par un filtre de sécurité.

2.3.3.2 *Filtre automatique auto nettoyant (filtration primaire)*

La filtration, qui va de 1 mm jusqu'à 30 µm, est réalisée sous pression. Les particules sont retenues sur la surface intérieure du panier perforé. Lors du processus de nettoyage, le racloir, actionné par un vérin pneumatique, entraîne les particules solides dans la partie inférieure du filtre. Durant cette opération, le processus de filtration n'est pas interrompu. La fréquence du nettoyage est contrôlée par minuterie ou activée lorsque le différentiel de pression entre l'entrée et la sortie atteint une certaine valeur. L'évacuation des résidus accumulés à la base du filtre est effectuée via une vanne de décharge qui peut être activée manuellement ou automatiquement à des intervalles choisis pour minimiser au maximum

la perte de produit. Suivant l'utilisation envisagée du produit final, une filtration plus fine devra être opérée.

2.3.3.3 Filtres presses

Les filtres-presses employés dans l'industrie depuis de nombreuses décennies ont été supplantés par les filtres à plaques métalliques surtout à cause de l'importante main-d'œuvre nécessaire lors des débâtissages (nettoyage du filtre-presse au terme du cycle de filtration). Par contre, ce genre de matériel garde sa place en filtration de sécurité. En effet, à ce niveau, la formation du gâteau est très lente et, en général, un filtre-presse peut être utilisé pendant plusieurs semaines sans qu'il soit nécessaire de la débâter. D'autre part, la filtration sur plaque filtrante cellulosique, qui a remplacé les toiles de filtre et papier, permet un débâtissage beaucoup plus rapide. Les filtres-presses à plaque de cellulose, matériels très fiables, présentent cependant l'inconvénient d'être encombrants et chers.

Une alternative à ces filtres-presses est les filtres à cloche. Il s'agit d'un matériel très compact, relativement bon marché, mais qui présente un certain nombre de défauts. L'étanchéité entre deux plateaux est assurée par le papier filtrant lui-même. Les plateaux doivent pouvoir être resserrés de l'extérieur pour reprendre en marche le jeu provoqué par l'écrasement du papier. Il est nécessaire que l'alimentation soit effectuée avec une pression régulière pour éviter que des coups de béliers ne viennent soit crever les papiers, soit diminuer l'étanchéité des joints papier. La capacité des chambres est faible et nécessite des débâtissages fréquents.

2.3.3.4 Filtre à membrane

Le principe de fonctionnement d'un filtre-presse à membrane, dans sa première phase, est identique à celui d'un filtre-presse à plateaux, à la différence près que la pompe d'alimentation s'arrête à une pression de filtration maximale de 7 bars. À la phase suivante, dans chaque chambre de filtration, on gonfle une membrane avec de l'air (7 bars) ou un liquide (jusque 50 bars), réduisant ainsi le volume de la chambre de filtration. De ce fait, on peut éliminer plus de liquide de la matière solide, et le taux de matière sèche dans le gâteau de filtration est donc supérieur.

2.3.3.5 Filtres combinant la centrifugation et la filtration par média filtrant

Ces filtres autonettoyants permettent de filtrer sous pression jusqu'à 2 µm. Le média filtrant est en nylon ou en métal. L'évacuation des résidus de filtration peut être manuelle ou automatiquement contrôlée par une valve pneumatique.

Le liquide filtré est obtenu par passage du liquide à traiter au travers d'un média filtrant en forme de sac cylindrique à base textile ou métallique. Le choix de la finesse du média dépend du gradient de tailles des particules à extraire.

2.3.3.6 Filtration par cartouche

La filtration par cartouche est essentiellement utilisée pour une filtration terminale et peut être associée aussi bien à une décantation qu'aux autres types de filtration décrits ci-dessus. Etant donnée la faible surface de filtration développée par ce type de filtre, son utilisation avec de l'huile encore fortement chargée est fortement déconseillée, le filtre se colmatant alors rapidement.

Le principe de ce système est simple. L'huile est envoyée sous pression dans un carter contenant la cartouche, le liquide passe au travers de la cartouche filtrante qui retient les impuretés. La cartouche peut être en matière synthétique (PP, PE,...) ou naturelle (coton, cellulose,...)

Outre la matière, divers types de cartouches existent. Ainsi, certaines cartouches sont plissées pour en augmenter la surface de filtration, d'autres bénéficient d'une structure de pores dégressive, ce qui permet d'opérer, au sein de la même cartouche, une filtration en

plusieurs phases, les plus grosses impuretés étant retenues à la surface extérieure, les plus petites dans la partie intérieure de la cartouche,...

D'autres systèmes existent sur le marché : filtre à panier, filtre à poche, filtres Cricket.

2.3.3.7 Contrôle de la filtration

Un contrôle de la qualité de filtration peut être opéré soit par un test de filtration, soit par turbidimétrie :

-  Test de filtration : un litre d'huile à contrôler est filtrée sur un filtre Büchner de dimension standardisée. En fin de filtration, le filtre est rincé à l'hexane, séché puis comparé à un étalon.
-  Turbidimétrie : il s'agit de mesurer la lumière diffusée par les matières en suspension. Ce contrôle est opéré en continu et permet donc, au moindre problème, de réorienter l'huile vers les filtres. Etant donné les coûts d'une telle installation, elle sera cependant réservée à des unités de grande taille.

2.3.4 Stockage.

Pour garantir un stockage convenable de l'huile, il faut veiller aux aspects suivants :

-  l'huile doit être la plus propre possible ;
-  la température de stockage doit être basse ;
-  les variations de températures sont à éviter car elles peuvent provoquer une condensation ;
-  l'huile sera conservée à l'abri de la lumière ;
-  pour un usage alimentaire, l'huile sera également conservée à l'abri de l'air (oxydation) et dans des cuves en matériau approprié ;
-  enfin, les cuves de stockage devront être facilement nettoyables.

De mauvaises conditions de stockage sur de longues périodes peuvent provoquer une oxydation de l'huile, entraînant une plus forte viscosité et des problèmes de filtration.

3 Description et performances de l'unité pilote

Le schéma général de l'unité de trituration étudiée est présenté à la figure 3.

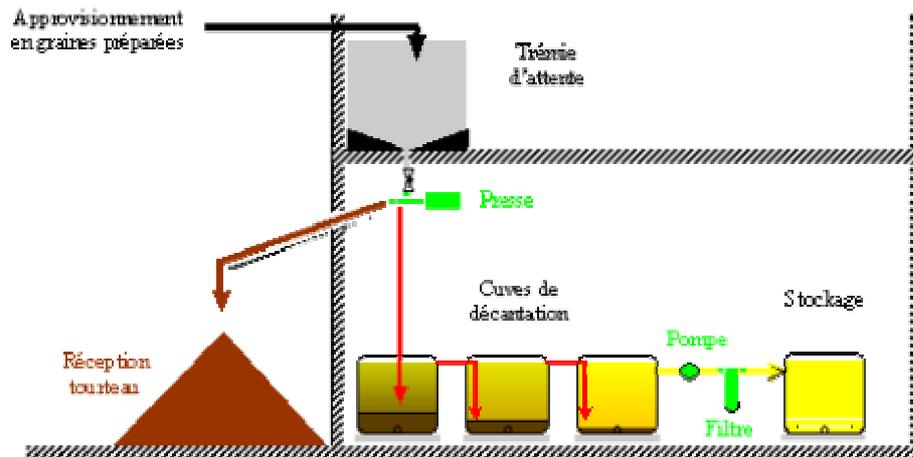


Figure 3: Représentation schématique de l'unité de trituration

3.1 Stockage et préparation des graines

Les conditions de récolte du colza lors des deux années couvertes par le projet ont été exceptionnellement favorables. De ce fait, les graines n'ont pas dû être séchées. Elles ont toutefois été soumises à une ventilation dans la nuit suivant la récolte au moyen d'un séchoir (type mobile et dont la fonction « chauffage » était inactive) dans le but de faire baisser le plus rapidement possible la température.

Le stockage proprement dit a été effectué en tas sur surface bétonnée. Ce tas a également été ventilé au cours du stockage au moyen de tuyaux de drainage noyés dans la masse.

Les premiers essais de trituration ont été réalisés avec des graines non triées ce qui a entraîné certains désagréments, sans toutefois occasionner de détérioration de la presse : de petites pierres ont bouché l'orifice de sortie du tourteau en empêchant le fonctionnement de la presse qui s'est mise en sécurité après un certain temps. Ces arrêts intempestifs ont malgré tout nécessité nombre de nettoyages de la presse avant sa remise en route. Avant l'installation d'un appareil de triage fixe, aujourd'hui opérationnel, le nettoyage des graines a été assuré par l'équipement mobile d'un trieur à façon (camion itinérant).

En ce qui concerne le transport des graines, la reprise du tas s'effectue au moyen d'une vis sans fin qui alimente un souffleur qui, lui-même approvisionne le trieur. Après triage, un second souffleur envoie les graines dans la trémie située au-dessus de la presse et qui alimente celle-ci par gravité. Cette trémie d'attente a un fond incliné pour faciliter l'écoulement des graines. Un aimant est placé sur le tuyau d'alimentation de la presse pour retenir les objets métalliques qui pourraient encore se trouver dans les graines (précaution inutile durant la durée du projet).

3.2 Trituration

3.2.1 Description de la presse

La presse appartenant au second type décrit ci-dessus (une partie du cylindre de pressage est percé de trous) est de marque **Täby modèle 55**. Il s'agit d'une mécanique d'origine suédoise distribuée en Belgique par un importateur français². La capacité de traitement renseignée est de 20 à 30 kg de graines / heure dans des conditions optimales de fonctionnement. Cette capacité est cependant très variable en fonction des différents paramètres (type de graines, buse de sortie, vitesse de rotation, température de chauffage) et a été largement dépassée au cours des essais que nous avons menés (jusqu'à 60 kg/h). Le rendement d'extraction renseigné va de 25 à 37 %.

Le moteur est de type 220 V monophasé de 1,5 kW mais d'autres configurations sont possibles. Le système est piloté par un coffret électronique regroupant les organes suivants :

- interrupteur marche/arrêt
- compteur horaire
- interrupteur marche avant/marche arrière
- dispositif de sélection de la température de chauffage du collier
- variateur de vitesse
- indicateurs de vitesse, tension, ampérage,...
- dispositif de sécurité.

Les dimensions de la presse sont 1020x350x300 mm pour un poids de 64 kg.



La presse



Le tourteau



Collecte de l'huile



Cuves de décantation

² Francis LAPLACE Chemin de la Madeleine F-64000 PAU. Tél : +33.5.59.84.43.08 Fax : +33.5.59.02.81.46. Mobile : +33.6.08.43.82.13. Site : www.oilpress.com

3.2.2 Rendement en huile

Le rendement d'extraction peut être défini de plusieurs façons, mais il est défini ici comme la quantité d'huile brute extraite par quantité de graines (g d'huile / g de graine) (il est parfois défini comme le rapport entre l'huile extraite et l'huile présente).

Plusieurs séries de tests ont été réalisées pour estimer l'influence des réglages sur le rendement d'extraction de l'huile. En général, plus la vitesse de rotation est faible, plus le rendement d'extraction est élevé ; plus le diamètre de la buse de sortie est faible, plus le rendement d'extraction est élevé mais plus le rendement horaire est faible. Plusieurs types de buses ont été testés. La buse 5 → 3 mm se bouche très rapidement.

Un optimum apparaît clairement pour une vitesse de rotation située autour de 60% de la vitesse maximale. Pour une température de consigne plus basse (50 °C) et pour une même buse (5 mm) le rendement d'extraction est plus élevé, au détriment cependant du rendement horaire qui pour l'huile, se situe entre 65 et 75% (en fonction de la vitesse de rotation) du rendement horaire obtenu avec une température de consigne de 100 °C.

Un autre essai a consisté à faire repasser dans la presse du tourteau obtenu après une première pression. Si les résultats, en terme de récupération d'huile, sont encourageants, cette solution nécessite cependant une surveillance constante, la structure du tourteau et la faible dimension de l'orifice d'entrée de la presse, occasionnent en effet de fréquents bourrages. De plus, une étude de rentabilité doit être menée pour juger de l'opportunité d'une telle opération.

3.2.3 Consommation électrique

Divers tests de consommation électriques ont été réalisés. Certains ont été réalisés sur de courtes périodes en faisant varier les paramètres liés à la presse, d'autres ont été réalisés sur une plus longue période avec des paramètres fixes préconisés par le revendeur (vitesse=60%, buse 6 mm, t° consigne 70 °C).

Au vu de ces résultats, il apparaît qu'aussi bien dans le cas de la buse de 5 mm avec température de consigne à 50 °C que dans le cas de la buse 6 → 4 mm, le travail effectué par la presse conduit à une consommation énergétique accrue. On remarque aussi que la consommation électrique tend à se stabiliser autour d'une valeur proche de 0,16 kWh/litre d'huile (ou 0,175 kWh/kg d'huile). C'est cette valeur qui sera retenue pour le calcul des bilans économiques et environnementaux.

3.3 Purification de l'huile

Le procédé retenu fait appel à une décantation suivie, en fonction de la destination attendue de l'huile, d'une filtration par cartouche de 10µm.

3.3.1 Décantation

La décantation se fait au travers de 3 cuves de forme plus ou moins cubique d'une contenance de 800 litres chacune mais dont le volume utile est ramené à 650 litres. Le temps de séjour dans chacune d'elle peut être estimé, pour une production de 10 litres/h (30 kg de graines) à 65 heures soit un peu moins de 3 jours. Le temps total de décantation, dans le cas d'une production continue, peut donc être estimé à 8 jours. Pratiquement cependant, l'utilisation de l'unité est discontinue et l'huile peut, dès lors, décanter pendant des durées plus longues pouvant atteindre plusieurs semaines. Ces longs temps de séjour sont notamment rendus nécessaires en raison des conditions particulièrement fraîches dans lesquelles se situe l'unité. Une filtration d'un produit insuffisamment décanté conduira à des résultats de filtration médiocres (nombre de litres filtrés avec une cartouche).

Le principal problème rencontré avec l'installation ainsi décrite est la gestion des « boues » de sédimentation. En effet, le fond des cuves étant plat, les sédiments se déposent plus ou moins uniformément sur la surface. La vanne de vidange située en pied de cuve ne permet d'évacuer qu'une partie de ces sédiments. Pour un nettoyage complet de la cuve, un éprouvant travail doit être consenti et de l'huile propre doit être utilisée pour diluer le décantat, ce qui conduit inévitablement à une perte de produit. Ces sédiments peuvent cependant être filtrés pour récupérer le maximum d'huile possible. Ceci peut se faire au travers de tamis classique ou via des sacs en toile tressée (style bigbag). Le produit final obtenu est alors une pâte noirâtre qui peut être valorisée en alimentation animale. L'huile récupérée, encore fortement chargée, peut être réinjectée dans le circuit de décantation.

3.3.2 Filtration

Si la solution qui semble la plus adaptée pour une filtration de sécurité de l'huile est le filtre à plaque, la solution retenue dans le cadre du projet pilote consiste en une filtration par cartouche de 10 μ m. Cette solution présente l'avantage d'un investissement de départ moindre mais, à l'utilisation, se révèle plus onéreuse (prix des cartouches de filtration).

Des tests ont été réalisés en labo pour déterminer si le type de cartouche pressenti pouvait être utilisé. L'analyse des résultats obtenus montre que le filtre de labo a été colmaté après +/- 71 litres, ce qui devait correspondre, en taille réelle à un volume filtré de 859 litres sur une cartouche de 10 pouces (ou 1700 litres pour une cartouche de 20 pouces) avec un débit de 10 l/h, débit qui correspondait au débit de production d'huile.

Les essais menés en conditions réelles ne nous ont cependant jamais permis d'atteindre ces performances. Ainsi les 2 premiers essais n'ont permis de filtrer que respectivement 413 et 440 litres pour une cartouche de 20". Pour la cartouche n°3, en dehors d'une décantation prolongée, l'huile a subi une clarification supplémentaire au moyen d'une écrémeuse à lait de marque Mélotte. Aucune séparation physique du produit n'est observée, les impuretés restent dans le bol d'écémage. Les performances obtenues lors de cet essai sont similaires à celles attendues à l'issue du test en laboratoire mais ont nécessité un travail supplémentaire contraignant.

Un essai via un filtre automatique de 30 μ m a également été réalisé et donnait des résultats encourageants. Cependant, vu le prix d'achat de cet appareil et la persistance de la nécessité d'une filtration de sécurité (à 10 μ m), cette solution n'a pas été retenue.

La solution finalement adaptée est une filtration par cartouche mais en deux étapes. Après décantation, l'huile est d'abord filtrée à 20 μ m par 3 cartouches de 30" avant de subir une dernière filtration à 10 μ m dans la cartouche de 20" décrite plus haut. La structure des cartouches choisies est différente de celle des cartouches initiales ce qui explique leur prix de revient est moins élevé. Par contre, cette structure différente induit des pertes de charges plus importantes qui doivent être compensées par la pompe, d'où des consommations électriques en hausse et des débits en baisse.

Les essais, réalisés à pression constante, nous ont permis de filtrer 1350 litres sans constater de diminution de débit. Cela signifie que les cartouches n'étaient, à ce moment, pas encore colmatées et que le volume filtrable est supérieur à cette valeur.

Au cours de ce processus de filtration, le transport de l'huile est réalisé au moyen d'une électropompe volumétrique rotative à auto-amorçage à palettes, équipée d'une soupape by-pass (type pompe à huile de marque Viscomat 70). Le moteur est de type 220 V monophasé d'une puissance de 750 W. Cette pompe n'est pas homologuée pour les produits alimentaires.

3.4 Stockage et dénaturation des co-produits

3.4.1 Huile

Après filtration, l'huile est stockée dans des cuves en plastique ou en inox (anciens refroidisseurs à lait).

La dénaturation de l'huile en provenance de colza cultivé sur jachère se fait par adjonction dans la cuve de stockage, d'un dénaturant agréé par la DGA du MRW, en l'occurrence du RADIA 7983 de la firme Oléon composé d'esters méthylique d'acides gras en C8 et C10, acides gras que l'on ne retrouve pas dans l'huile de colza (de C16 à C22). Ce dénaturant est ajouté à raison de 0,05%, soit 500 ml par 1000 litres. Malgré son odeur caractéristique de noix de coco, cet additif n'est décelable qu'au travers une analyse chimique par chromatographie en phase gazeuse. La sensibilité est bonne, puisque, par analyse, on peut déterminer des teneurs de 490 ppm au lieu des 500 ppm réellement ajoutés.

3.4.2 Tourteau

Le tourteau ne subit aucun traitement supplémentaire et est stocké en tas sous la sortie de la presse. Il est ensuite acheminé vers son lieu d'utilisation.

4 Propriétés physiques et chimiques du colza et de ses sous-produits

4.1 Graines de colza

Tableau 1: *Propriétés mesurées des grains de colza*

graine de colza		2002	2003
Humidité	%	6,9	6,9
Teneur en impuretés	%	7,5	3,35
Teneur en matière grasse	% ms	48,41	44,24
Profil en acides gras			
Palmitique	C16	5,08	4,1
Palmitoléique	C16 :1	ND	0,3
Stéarique	C18	ND	1,6
Oléique	C18 :1	64,19	63,8
Linoléique	C18 :2	20,21	19,4
Linoléénique	C18 :3	9,39	8,6
Arachidique	C20	1,15	0,6
Gadoléique	C20 :1	ND	1,3
Béhénique	C22	ND	0,3
Erucique	C22 :1	ND	ND
Teneur et profil en glucosinolates	µmoles/g		
	Progoitrine	6,22	5,22
	Epi-progoitrine	0,19	0,12
	Gluconapoléïférine	0,54	0,11
	Gluconapine	2,88	2,35
	Glucobrassicinapine	1,17	0,28
	4-hydroxyglucobrassicine	3,66	4,92
	Glucobrassicine	0,20	0,24
	4-méthoxyglucobrassicine	0,05	0,06
	néo-glucobrassicine	0,01	0,00
	Total glucosinolates	14,91	13,30
Teneur en N	%	3,12	3,00
Teneur en protéines	%	19,48	18,79

4.2 Tourteau de colza

Tableau 2 : *Propriétés mesurées du tourteau de colza*

tourteau de colza		Valeur mesurée au laboratoire
Teneur en huile	%	22.5
Teneur en glucosinolates	µmoles/g	19.26
Teneur en protéines	%	25.03
Teneur en eau	%	11.97
Pouvoir calorifique	PCI (kJ/kg)	22 210
	PCS (kJ/kg)	23 790

4.3 Huile de colza

Tableau 3 : Propriétés mesurées de l'huile de colza

huile de colza		2002	2003
Teneur en Soufre	ppm	16	< 10
Teneur en phosphore	ppm	17	4
Résidu de C Conradson	% (m/m)	0,43	0,31
Teneur en cendres	% (m/m)	0,008	<0,01
Teneur en eau	ppm	744	640
Indice d'acide		0,9	1
Acidité oléique	%	0,45	0,5
Indice de peroxyde	méq d'O ₂ /kg	1	1
Indice d'iode		113	100
Corrosion sur cuivre	1b, qui correspond à une légère altération		
Stabilité à l'oxydation	à 110°C en heures	5,6	8,1
Viscosité	Voir figure		
Densité	kg/litre	0,920	0,915
Point éclair	°C	312	316
Pouvoir calorifique	PCI (kJ/kg)	38911	38196
	PCI (kJ/l)	35800	35140
	PCS (kJ/kg)	39580	-
Indice de cétane	En mélange au diesel : 25% HVB 75% diesel		49,1
Point de congélation	°C	-29	-
Température limite de filtrabilité	°C	+14	+16
Contamination	mg/kg		479

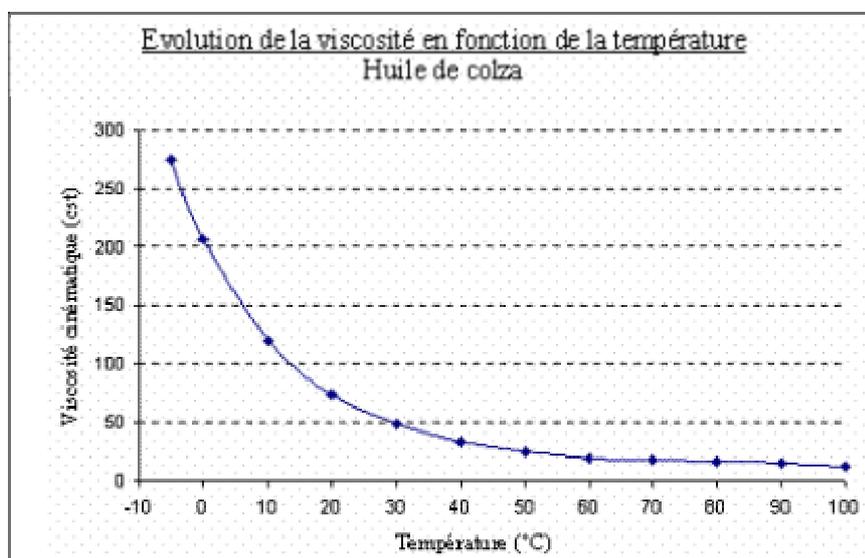


Figure 4: Evolution de la viscosité en fonction de la température

La contamination est un des plus importants paramètres pour une utilisation carburant de l'huile. Cette mesure permet en effet de déterminer la pureté de l'huile ainsi que l'efficacité du processus de filtration de l'unité de production. Une contamination trop importante conduira à un colmatage prématuré des filtres des véhicules, à un encrassement du circuit de carburant et peu avoir un effet abrasif sur certains organes sensibles (pompe, injecteurs). Les résultats d'analyse faite sur de l'huile ayant subi une filtration à 10µm

conduisent à des valeurs très élevées (479 mg/kg), ce qui doit conduire à une réflexion sur la filtration mise en place dans le cadre de ce projet : cartouches de filtration inadaptées pour la filtration d'huile ou nécessité de descendre à des niveaux de filtration plus bas (5µm).

La couleur de l'huile, n'a en tant que telle, pas beaucoup d'importance pour une utilisation non-alimentaire. Pour un usage alimentaire cependant, ce facteur peut avoir son importance, notamment au niveau commercialisation, même s'il n'influence pas le goût et la composition de l'huile. L'huile de colza n'ayant subi aucun traitement chimique tel que raffinage, décoloration, est d'un jaune prononcé. Au cours du temps et en fonction des conditions de stockage, cette couleur va évoluer. Ainsi, pour une huile conservée à température ambiante, à la lumière et en contact avec l'air, la couleur disparaît entièrement après un an et l'huile devient transparente et incolore.

Les résultats d'analyses permettant d'évaluer la valeur nutritive du tourteau sont présentés dans le rapport complet.

5 Valorisation des coproduits de la trituration

5.1 Huile

L'huile végétale peut se voir valorisée dans d'innombrables domaines qu'ils soient alimentaires, énergétiques, lubrifiants, techniques ou autres.

5.1.1 Valorisation alimentaire de l'huile (et comme agent anti-poussière)

L'utilisation alimentaire n'a pas été approfondie dans le cadre de ce projet, si ce n'est pour une utilisation de l'huile en tant qu'agent anti-poussières dans les silos de stockage. Le produit utilisé pour cette fonction doit répondre à des impératifs d'innocuité et d'efficacité sur une longue période. Les doses appliquées sont souvent très faibles (0,01% à 0,3%).

Les produits actuellement utilisés sont des huiles minérales blanches mais le marché des huiles végétales se développe. Ainsi, deux produits ont été développés en France pour cette utilisation particulière : un produit à base d'huile de tournesol pure riche en acides gras mono-insaturés (AMCASUN 500 de la firme Amcan Ingredients) et un autre à base d'huile de colza additivée d'un anti-oxydant (VEGESTAR de la firme Novance).

Une huile produite à la ferme n'a subi aucun processus de raffinage et contient certains composés qui limitent la résistance à l'oxydation (résistance à l'oxydation à 110 °C limité à 5-6 heures pour une valeur équivalente supérieure à 150 heures pour le produit AMCANSUN 500). Une faible résistance à l'oxydation pourrait provoquer au niveau des grains certains problèmes de conservation : odeur rance, développement de champignons,...

5.1.2 Huile carburant

Rappelons que, dans le cadre de la réglementation agricole, les voies de valorisations énergétiques sont les seules autorisées pour le colza cultivé sur des terres :

- retirées de la production et transformé sur le siège d'exploitation (jachère avec transformation à la ferme) ou
- recevant l'aide aux cultures énergétiques.

Technique moteurs

Les avantages apportés par l'utilisation d'huile végétale brute sont les suivants :

-  l'HVB a un bon pouvoir lubrifiant,
-  elle est exempte de soufre,
-  elle contient 11% d'oxygène, ce qui devrait améliorer la combustion et diminuer les rejets de suie,
-  c'est un produit hautement biodégradable,
-  c'est un produit renouvelable, le CO₂ émis lors de la combustion correspond au CO₂ capté par la plante lors de sa croissance.

Les inconvénients de ce carburant d'origine végétale sont par contre :

-  un point éclair élevé qui peut poser des problèmes à l'allumage,
-  une viscosité élevée à basse température qui rendra celle-ci difficilement « pompable » et pourra conduire à une casse de la pompe d'injection.

Ces inconvénients peuvent être surmontés, suivant les types de moteurs, par des adaptations plus ou moins importantes de ceux-ci.

Les moteurs automobiles des anciennes générations à préchambre de combustion, aussi appelés « à injection indirecte » sont plus souples dans l'utilisation de l'huile végétale carburant. Ces moteurs ne nécessiteront pas ou peu de modifications pour des mélanges pouvant contenir jusqu'à 50% d'HVB mélangée à du diesel. Une utilisation à 100% est également possible sans grandes modifications.

Les moteurs nouvelles générations de moteur à injection directe, que ce soit la technologie VW à injecteurs-pompes, ou le système de rampe commune d'alimentation (*common rail*) pourront également être alimentés à l'HVB, même à 100%, mais nécessiteront des modifications plus importantes.

Deux types de modifications se rencontrent principalement, tous deux ayant pour principe de réchauffer l'huile afin de faire baisser la viscosité.

Le premier type de modification fait appel à un double circuit de carburant : le moteur démarre au diesel et une fois la température normale de fonctionnement atteinte, une vanne permet de passer à l'huile végétale qui a préalablement été réchauffée, via un échangeur thermique, par l'eau de refroidissement du moteur. Plusieurs variantes sont rencontrées : vanne manuelle, vanne automatique,... En cas de problème lors de l'alimentation avec l'huile de colza (filtre bouché par exemple), le système doit repasser automatiquement au diesel. Pour le conducteur, il n'y a que peu de contraintes avec un système de ce type : lors d'un arrêt prolongé du moteur qui permettrait à celui-ci de se refroidir suffisamment (1 heure), il faut passer au diesel quelques temps avant l'arrêt pour, qu'au démarrage suivant, ce soit du diesel qui se trouve dans le circuit d'alimentation. De tels systèmes sont relativement simples à installer et ne nécessiteront que peu d'investissement. Ils pourront être « bricolés » et revenir à des coûts très faibles (100 euros). Des modifications plus « professionnelles » sont possibles (tarage des injecteurs à 185 bars au lieu de 120 bars, ajout d'une pompe de gavage avant la pompe d'injection et d'un filtre supplémentaire), et plus coûteuses, mais offrent à l'utilisateur une garantie qui pourra remplacer, du moins partiellement, la garantie constructeur qui devient caduque avec une utilisation d'HVB. L'organe critique est la pompe d'injection qui devra pouvoir résister à la viscosité élevée de l'huile (type Bosch).

Le second système fait également appel à un second circuit de carburant, mais ce second carburant, en l'occurrence du diesel ou du gasoil de chauffage, n'alimente à aucun moment le moteur qui ne reçoit donc plus que de l'huile. Le diesel sert, avant le démarrage du moteur, à porter celui-ci à une température suffisante pour pouvoir injecter directement l'huile. Le diesel sert donc à chauffer l'eau de refroidissement qui elle-même réchauffe le moteur et l'huile. En plus de ce système, un filtre chauffant est également utilisé pour réchauffer l'huile. Le principal problème rencontré avec ce système est le fait que, par temps froid du moins, toute utilisation du véhicule doit être prévue 20-30 minutes à l'avance, délai nécessaire au réchauffement du moteur.

Un problème annexe qui peut apparaître peu de temps après l'utilisation d'huile comme carburant est l'encrassement du filtre. Ceci n'est pas du à l'huile proprement dite mais à son pouvoir détergent qui va « nettoyer » le réservoir et les conduites et amener les particules ainsi remises en suspension jusqu'au filtre et, à la longue, colmater celui-ci.

Une autre possibilité d'utiliser de l'huile végétale est l'emploi d'un moteur spécialement adapté pour cet usage tel que le moteur El-Ko développé par la firme allemande Elsbett. Les particularités de ce moteur sont les suivantes :

-  le piston est composé de deux parties : le corps est en aluminium et la partie supérieure (tête du piston) en fonte dans le but de conserver la chaleur dégagée par la combustion ;
-  le système de refroidissement du moteur (par air ou par eau) est remplacé par un refroidissement par projection d'huile sur le piston ;
-  le système d'injection du carburant est quelque peu particulier : le carburant est injecté localement et tangentiellement à l'intérieur de la

zone centrale de la chambre de combustion. Ce processus empêche le combustible d'entrer en contact avec les parois et donc minimise les pertes de chaleur.

Plus de renseignements sur ce moteur sur le site <http://www.elsbett.com>.

Qualité de l'huile carburant

Des normes allemandes, dites RK, non reconnues par les motoristes, sont proposées pour une utilisation carburant de l'HVB. Ces normes sont reprises au tableau 4.

Tableau 4 : **Normes RK pour l'huile carburant**

Properties / Contents	Unit	Limiting Value		Testing Method
		min.	max.	
<i>characteristic properties for Rapeseed Oil</i>				
Density (15 °C)	kg/m ³	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 ² /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

00 1ER 100e

Tableau 5: Respect des normes pour l'utilisation d'HVB carburant

Paramètres	Unité	Normes préconisées par TUM		Résultats obtenus avec l'huile produite à la ferme (2002)	Résultats obtenus avec l'huile produite à la ferme (2003)
		min	max		
Densité	kg/m ³	900	930	920	915
Point éclair	°C	220		312	316
Pouvoir calorifique inférieur	kJ/kg	35000		38911	38197
Viscosité cinématique (40°C)	mm ² /s		38	33	35
Température limite de filtrabilité	°C	méthodes d'analyse en cours de développement			
Indice de cétane					
Résidu carbone	% (M/M)		0,4	0,43	0,31
Indice d'iode	g/100g	100	120	112	100
Teneur en soufre	mg/kg		20	16	< 10
Contamination	mg/kg		25	ND	479
Indice d'acide	mg KOH/g		2	0,9	1,93
Stabilité à l'oxydation	h	5		5,6	8,1
Teneur en phosphore	mg/kg		15	17	4
Teneur en cendre	% (M/M)		0,01	0,008	< 0,01
Teneur en eau	% (M/M)		0,075	0,0744	0,064

L'huile produite à la ferme répond à toutes les normes exceptée celle relative à la contamination qui est dépassée d'un facteur 19, ce qui est beaucoup trop élevé (Tableau 5). Cette valeur ne remet cependant pas en cause l'utilisation de cette huile produite à la ferme en tant que carburant mais appelle à une vigilance accrue dans la surveillance du processus de filtration mis en place sur l'unité de production. Un filtre final de sécurité est par exemple nécessaire.

Essais sur véhicules standards

Dans le cadre de ce projet, 7 véhicules ont été retenus pour faire des essais en conditions réelles avec de l'huile de colza utilisée pure ou en mélange (tableau 6).

Tableau 6: **Caractéristiques des véhicules**

N°	Marque + modèle	Modifications réalisées	Prix (euros)	Carburant utilisé
1	Audi A4 1900 Tdi	Chauffage du moteur avant démarrage + filtre à mazout chauffant	4.000	100 % HVB + diesel en période froide
2	Ford Escort 1800 diesel	Aucune	0	Mélange
3	Ford Galaxy avec moteur VW 1900 Tdi	Double circuit de carburant	100	100% HVB lorsque le moteur est chaud
4	Audi A2 1200 Tdi	Chauffage du moteur avant démarrage + filtre à mazout chauffant	3.000	100% HVB
5	Camion DAF	Aucune	0	Mélange
6	Citroën C15	Remplacement pompe injection, ajout pompe gavage et filtre	320	Mélange
7	VW Transporter 2461 Tdi	Chauffage du moteur avant démarrage + filtre à mazout chauffant	3.100	100% HVB

Les remarques suivantes ont été faites concernant le comportement des véhicules :

- pour le véhicule n° 6, un essai avec de l'huile à 100% sans modifications du moteur a conduit à une casse de la pompe d'injection qui a du être remplacée. Pour ce même véhicule, des problèmes de démarrage à froid ont été constatés.
- pour le véhicule n°2 roulant en mélange (jusqu'à 40% sans modification), outre une aggravation des problèmes de démarrage déjà présents avant les essais, des

problèmes de mélange sont apparus après un plein (ajout de l'HVB dans le réservoir après le diesel) et ont disparu, sans causer de problèmes, après quelques km nécessaires à l'homogénéisation du carburant. Les deux composants, étant donné leur différence de densité, ne se mélangent pas spontanément mais, une fois mélangés, le restent.

- pour les autres véhicules, aucune remarque n'a été formulée, aucune différence de consommation en carburant n'a été observée.

Essais sur banc dynamique

Des essais ont été menés sur un moteur mis au banc dynamique qui permet de reproduire des conditions précises de fonctionnement : vitesse de rotation, charge du moteur.

Le moteur utilisé pour ces essais est un VW 1.2 Tdi 3 cylindres que l'on peut retrouver sur les VW Lupo et les Audi A2. Les essais ont consisté à mesurer, pour des couples vitesse de rotation-charge les paramètres suivants : Couple moteur, Puissance moteur, Consommation spécifique, Emissions gazeuses à la sortie du moteur et avant catalyseur (CO, CO₂, O₂, Oxydes d'azote (NOx), Hydrocarbures imbrûlés (HC), Particules (suies)).

Des essais ont été réalisés pour différentes combinaisons vitesse - charge moteur et pour différentes combinaisons de mélange diesel - huile de colza ainsi que pour l'ester méthylique d'huile de colza.

Des analyses de laboratoire ont été réalisées sur ces différents carburants en ce qui concerne les caractéristiques de viscosité et d'auto-inflammabilité (indice de cétane).

De ces différents résultats, on peut tirer les observations suivantes :

- on observe une gradation logique de viscosité entre les différents carburants en fonction de la proportion d'huile de colza qu'ils contiennent (0<5<25<50<75<100%). Le biodiesel présente une courbe de viscosité proche de celle obtenue pour le mélange 75% de colza - 25% diesel, mélange qui présente lui-même des valeurs peu supérieures à celles observées pour le diesel pur et qui sont inférieures à 10.
- la viscosité d'un carburant pour une température donnée n'est pas une fonction linéaire de la proportion d'huile de colza qu'il contient. Ainsi, à 20°C, la viscosité du mélange 50% huile de colza - 50% diesel (15,7) ne correspond pas à la moitié de la viscosité de l'huile pure (72,3).
- avec la méthode classique, on obtient des valeurs l'indice de cétane (mélanges à 25% et 50% d'huile de colza), répondant aux normes réglementaires (>49). Pour l'huile de colza pure, on obtient, par interpolation et en faisant l'hypothèse d'une relation linéaire entre cet indice de cétane et la teneur en huile de colza, une valeur de 44, ce qui est largement supérieur à la valeur déterminée par la méthode classique (36), méthode inadaptée pour un tel produit.

On observe peu de différence de couple entre les carburants testés à 100% de charge avec cependant un écart plus marquée pour le biodiesel. A 75% de charge, les différences sont un peu plus nettes avec une gradation en faveur des carburants pauvres en huile de colza.

Les différences restent cependant dans des limites acceptables :

- à 3000 t/min et 100% de charge, le couple varie de 136 Nm pour le biodiesel à 143 Nm pour l'essai à 100% diesel, soit une différence de 5%, différence non détectable par le commun des automobilistes.
- à 3000 t/min et 75% de charge, le couple varie entre 93,5 (100% colza) et 103,5 (5% colza), soit une différence de 10%.

Ces différences peuvent être expliquées par la nature du carburant mais également par le comportement du moteur dont la gestion électronique prend en compte tout une série de

paramètres sur lesquels il est difficile d'agir (température de l'air, température de l'eau,...) et qui peuvent conduire, pour des vitesses et charges données, à des résultats différents de couple, puissance et consommation via des pressions de turbo différentes, des durées d'injections variables et *in fine* d'un coefficient lambda (rapport air/carburant) également fort variable (variant par exemple de 2,09 à 2,36 pour une vitesse de 3000 tours/min avec une charge de 75%).

Les résultats concernant la puissance développée par le moteur sont similaires aux résultats obtenus pour le couple :

- à 100% de charge, peu de différences entre les différents carburants : à 3000 t/min, 43,5 kW pour le biodiesel contre 45 kW pour le diesel pur, soit une différence de 3,5 %.
- à 75% de charge, différence légèrement plus marquée en faveur des carburants pauvres en huile de colza : à 3000 t/min, 29,5 kW pour l'huile de colza pure contre 32,5 kW pour le mélange contenant 95% de diesel, soit une différence proche de 10%.

Les mêmes explications que précédemment peuvent être avancées pour justifier ces écarts.

La consommation spécifique est la consommation de carburant pour la production d'une unité d'énergie, en l'occurrence le kWh. Elle est normalement exprimée en g/kWh mais, étant donné la différence importante de densité entre les différents carburants testés, il nous est paru opportun de l'exprimer également en unité de volume (ml/kWh). En faisant abstraction des quelques données qui peuvent être considérées comme incohérentes, on peut observer une gradation entre les différents carburants avec, pour les carburants contenant peu d'huile de colza, des valeurs inférieures à celles rencontrées pour les carburants riches en HVB.

Une fois ces consommations spécifiques ramenées en volume, ces différences s'estompent fortement : à 3200 t/min, la consommation spécifique, exprimée en ml/kWh, varie de 262,26 (50% colza à 75% charge) à 275,77 (25% colza, 100% charge), soit une variation de moins de 5%.

Seules les courbes du biodiesel se distinguent des autres et sont légèrement supérieures (290 ml/kWh pour 3200 t/min). La faible densité de ce carburant associée avec un PCI inférieur, explique ces résultats.

La température des gaz mesurée dans le collecteur à la sortie du moteur, et qui est donc représentative de la température rencontrée dans les cylindres, baisse avec l'augmentation de la teneur en HVB, ce qui conduit à une réduction des contraintes thermiques subies par le moteur.

5.1.3 Huile combustible

Différents essais de combustion ont été réalisés avec de l'huile de colza.

Le premier concerne la possibilité de brûler de l'huile de colza dans un poêle à mazout domestique (brûleur dit à caléfaction ou à vaporisation naturelle). Cet essai a été réalisé sur un poêle de marque Efel monté d'un brûleur 8 pouces et dont la vanne à niveau constant (également appelée carburateur) a été équipée d'une tige doseuse adaptée à la viscosité de l'huile de colza. Les résultats de combustion sont encourageants mais deux inconvénients liés à l'emploi d'huile de colza devront être levés pour assurer un développement de cette utilisation :

- une vanne à niveau constant classique n'est pas adaptée à l'huile de colza en raison de sa plus forte viscosité, des aménagements de la vanne ou son remplacement par une petite pompe à impulsion commandée électroniquement seront nécessaires. Une

autre solution consisterait à approfondir le fond du brûleur pour augmenter la différence de niveau entre celui-ci et le carburateur.

 le fond du pot brûleur s'encrasse en deux jours de fonctionnement seulement, soit beaucoup trop rapidement pour être acceptable d'un point de vue pratique (encrassement 200 fois plus rapide qu'avec un mazout de bonne qualité). Cet encrassement est très vraisemblablement dû à une polymérisation d'une fraction d'huile difficilement vaporisable dans les conditions de température régnant au fond du pot brûleur (environ 450°C au dessus de l'ambiance) : le fond du brûleur à caléfaction se trouve en conditions réductrices, la combustion d'une queue de distillation non volatilisée y est donc impossible. Les pistes pour résoudre ce problème sont les suivantes:

- augmenter la température du fond vaporisateur suffisamment pour évaporer la queue de distillation de l'huile de colza avant qu'elle ne polymérise. Cette hausse de température pourrait cependant avoir des conséquences sur la résistance des matériaux utilisés pour la fabrication de ce fond vaporisateur, à moins d'employer des aciers spéciaux.
- alimenter le pot brûleur en combustible avec le carburateur à pompe à impulsion en un point soumis à des conditions oxydantes au moins pendant le débit minimum qui servirait ainsi de nettoyage.

En conclusion de cet essai, la réalisation d'un poêle à huile de colza, répondant aux directives en vigueur, ne devrait pas poser de problème si le marché était porteur de grands espoirs. Pour un marché très marginal, le nécessaire investissement de recherche - développement serait trop important sans une volonté financière externe aux fabricants.

Le second essai consistait en l'utilisation d'huile de colza pour l'alimentation d'un brûleur à pulvérisation (chaudière) où la combustion devait être, a priori, plus facile. Des essais ont déjà été conduits avec succès pour différents biocombustibles par des fabricants de brûleurs de grosse capacité. Il est cependant nécessaire, outre l'emploi d'un gicleur adapté, de monter une pompe spéciale ou de préchauffer l'huile. Chez un même fabricant, les pompes et les électrovannes de la ligne mazout sont identiques pour tous les brûleurs jusqu'à 200kW. C'est techniquement ce qui fait l'appellation « brûleur domestique ». Ces pompes et électrovannes produites en grande série sont prévues pour une viscosité comprise entre 3 et 6 mm²/sec. Lors de tous les essais réalisés, les pompes standard n'arrivent pas à aspirer l'huile de colza trop visqueuse. La solution consiste donc, comme pour les fuels extra-lourds, de chauffer à une température suffisante l'huile en amont du brûleur de classe « domestique ».

En conclusion, comme pour le brûleur à évaporation, le brûleur à pulvérisation standard ne peut être utilisé tel quel pour brûler l'huile de colza, uniquement à cause de sa viscosité à froid beaucoup plus élevée que celle des fuels standards.

5.1.4 Huile pour l'alimentation d'un groupe de cogénération

C'est l'utilisation de la chaleur qui rend délicate l'installation d'une unité de cogénération qui ne peut se justifier que dans une exploitation agricole avec des besoins en chaleur relativement importants (serre, etc.). La cogénération avec de l'huile végétale permet d'obtenir des certificats verts pour l'électricité renouvelable produite, ce qui permet d'améliorer sensiblement la rentabilité des projets.

5.1.5 Huile de chaîne de tronçonneuse

Dans le cadre d'une transformation à la ferme, il apparaît irréaliste, d'un point de vue économique principalement, de mettre en œuvre toute une gamme de tests visant à l'agrégation d'huiles en comparaison des faibles volumes produits. Ces utilisations ne sont donc pas développées ici. L'utilisation qui a été abordée dans le cadre du projet a donc été l'huile de chaîne de tronçonneuse.

L'huile de colza, de par ses propriétés physiques, ne peut servir immédiatement pour une telle utilisation car elle est trop fluide et serait donc trop facilement éjectée par la force centrifuge sans remplir correctement son rôle de lubrification. Elle doit donc être mélangée à un additif qui va accroître sa viscosité, son adhésivité sur la chaîne et le guide et sa « filance ». De tels additifs adaptés aux huiles végétales existent mais sont relativement rares et inaccessibles car utilisés par des grands groupes pétroliers qui ne tiennent pas à voir des produits concurrents envahir le marché.

Du point de vue conservation, une huile de base biodégradable s'altérera plus rapidement qu'une huile minérale. Il est dès lors conseillé aux utilisateurs qui ne font pas un usage régulier de leur machine de n'utiliser que de l'huile en petit conditionnement et de bien veiller au nettoyage et à l'entretien de la machine en cas de délai prolongé entre deux utilisations, l'huile pouvant alors devenir goudronneuse, durcir sur la chaîne et boucher le système de graissage.

Dans le cadre du projet, l'additif utilisé est un produit spécialement développé comme additif pour l'huile de colza, de tournesol ou d'esters : EMPEX BT 1500 (de la marque LUBRICHIM), un mélange de polymères naturel et d'huile de colza commercialisé comme agent de filance, d'adhésivité et d'épaississement biodégradable.

La consistance de l'additif à température ambiante fait que celui-ci ne se prête pas facilement au mélange. Dans le cadre de ce projet, ce sont chaque fois de « petites » quantités qui sont préparées (autour de 100 litres) et le procédé retenu consiste en un mixer à plâtre monté sur une foreuse. L'additif, chauffé préalablement au bain-marie, est incorporé progressivement à l'huile de colza et, pour assurer une bonne homogénéité du produit, le mélange est prolongé de quelques minutes. L'idéal serait d'opérer le mélange dans des conditions de températures optimales (huile et additif à 40-50 °C) pour obtenir un résultat correct. Pour s'assurer de l'absence de petits amas d'additif qui pourraient entraîner des problèmes au niveau de la pompe des tronçonneuses, le produit final est filtré avant d'être conditionné.

La quantité d'additif ajoutée est dépendante de l'augmentation désirée de la viscosité de l'huile de colza. La fiche technique de cet additif mentionne des taux d'incorporation allant de 5 à 15%. Des essais préliminaires visant à déterminer un taux optimal d'additif ont été préalablement réalisés. Ceux-ci se sont déroulés en deux phases, la première en fin d'hiver en vue de déterminer un pourcentage d'additif pour une utilisation par temps froid et la seconde en fin de printemps pour l'utilisation par temps chaud.

Une première série d'essais a eu lieu au mois de mars 2003 avec des taux d'additif de 5 et 10%. Ces essais ont été menés auprès de 2 sociétés actives dans le domaine de la découpe intensive du bois destiné à la trituration. Les résultats sont assez contradictoires. En effet, les bûcherons de la société 2 trouvent l'huile additivée à 5 % « très bonne » et sont prêts à remplacer leur huile habituelle par celle-ci, alors que les bûcherons de la société 1 la trouvent « très mauvaise » à cause des dégâts occasionnés à leurs machines (usure de la chaîne et du guide de chaîne).

Pour l'huile à 10 %, les différences entre les deux entreprises subsistent mais sont toutefois moins marquées. Ainsi, sur les 4 bûcherons de la société 2, un la trouve « très bonne », un « bonne » et deux « moyenne ». Ils restent toutefois disposés à l'adopter si elle était disponible sur le marché. Les bûcherons de la société 2 la trouvent « très mauvaise ».

Comment peut-on expliquer une telle différence pour une huile qui a été formulée le même jour, à partir des mêmes matières premières et dans les mêmes proportions ? Contrairement aux bûcherons de la société 2 qui débitent en forêt des houppiers en longueur de 2 mètres, travail qui nécessite un déplacement constant du bûcheron, les bûcherons travaillant dans la société 1 se trouvent devant le tas de bois et débitent sans arrêt. Le travail fourni par la tronçonneuse est de ce fait beaucoup plus intensif avec de rares et courts moments d'inactivité. Une première conclusion est que l'huile formulée dans

le cadre du projet peut convenir à bon nombre d'utilisations à l'exclusion d'un travail vraiment intensif.

La seconde série d'essais préliminaires s'est déroulée plus tard dans l'année (fin mai, début juin), lorsque les conditions météo étaient plus chaudes. Suite aux ennuis rencontrés par les bûcherons de la société 1 lors de la première série d'essais, cette seconde série a été menée avec la seule société 2. Les pourcentages d'additif mis en œuvre étaient respectivement de 8% et de 13%. Les résultats sont les suivants. 2 bûcherons trouvent l'huile à 8% « très bonne » alors que les deux autres la trouvent « moyenne ». Dans le cas de l'huile à 13%, deux la trouvent « moyenne » et les deux autres la trouvent « très mauvaise ». Dans les deux cas, c'est la viscosité qui est contestée, ce qui a conduit à des problèmes d'usure de guide et de chaîne dans le cas de la 13%. Afin d'éviter des dégâts plus importants, la totalité de l'huile mise à leur disposition n'a pas été utilisée (13%). Au vu de certains résultats surprenants pour le mélange 13% (huile jugée « trop fluide » par 3 bûcherons sur 4), un examen de l'huile restante a été entrepris. Il a alors été constaté que l'additif avait en partie décanté et que la partie de l'huile utilisée par les bûcherons n'était constituée pour grande partie que d'huile de colza pure, fait qui peut expliquer les mauvais résultats de ce mélange.

Suite à ces essais préliminaires, un nouvel essai a été mené sur une période d'un mois pour confirmer un pourcentage d'additif fixé à 6% pour une période chaude. Ces essais n'ont malheureusement pas été couronnés de succès car, là où les bûcherons trouvaient au printemps l'huile de très bonne qualité, celle testée au cours de cet essai engendrait nombre de casses et d'échauffements du guide et de la chaîne. Le pouvoir lubrifiant du produit étant ici pointé du doigt, un nouvel essai à 13% a été programmé mais a donné les mêmes résultats. Au vu de ces résultats, la société a alors préféré mettre un terme aux essais.

Deux nouveaux essais ont été menés avec d'autres bûcherons et des pourcentages d'additif respectivement de 10 et 6,6%. Pour l'huile additivée à 10%, les résultats sont excellents hormis l'emploi de cette huile sur une tronçonneuse équipée d'un guide de 90 cm où l'on rencontre des problèmes de serrage et d'échauffement de la chaîne. Pour l'huile à 6,6%, les résultats sont moyens en raison d'un manque d'adhésion de l'huile sur la chaîne.

Tout au long des essais menés, aucun cas d'allergie n'a été relevé chez les utilisateurs et les odeurs dégagées, souvent mises en cause lors de l'utilisation d'huile d'origine végétale, n'ont que rarement été jugées « désagréables » par les utilisateurs.

Aucune différence de consommation n'a été relevée par rapport à l'huile normalement utilisée, le réglage n'étant, dans la plupart des cas, pas modifié et conduisant à des quantités de bois travaillées sensiblement égales.

Au vu de ces différents résultats, il est bien difficile de pouvoir se faire une idée sur la possibilité de formuler une telle huile lubrifiante à la ferme, d'autant plus que les essais réalisés font appel à des notions subjectives de la part des bûcherons.

En plus de ces essais sur terrain, la viscosité des huiles produites a été mesurée et comparée à diverses huiles végétales et minérales disponibles sur le marché :

- ☐ les huiles à base minérale présentent une variation plus importante de la viscosité en fonction de la température (leur indice de viscosité est plus faible) ;
- ☐ les huiles à base végétale présentent, aux températures testées, une viscosité inférieure aux huiles minérales ;
- ☐ le profil en acides gras des huiles formulées à la ferme est identique à celui des huiles biodégradables du commerce (hypothèse : même huile de base = colza) ;
- ☐ l'huile biodégradable de la marque Total présente un profil semblable aux huiles minérales (hypothèse : huile de base autre que colza) ;
- ☐ au sein des différentes huiles formulées à la ferme, la gradation de viscosité est globalement vérifiée (0<5<8<10<13%) ;

 parmi les huiles commercialisées testées, c'est la marque Texaco qui se rapproche le plus des huiles formulées à la ferme par sa viscosité (comprise entre la 10% et la 13%).

5.1.6 Huile technique et autres valorisations

D'autres débouchés existent pour l'huile (lessives, solvants, peintures, encres, produits cosmétiques et pharmaceutiques, plastifiants,...) mais ne peuvent être envisagés pour une unité de production à la ferme. En effet, de tels produits nécessitent une envergure industrielle, et dans ce cas, l'huile sera considérée comme une matière première (sans valeur ajoutée).

En cas de livraison à un industriel, les approvisionnements doivent satisfaire des exigences au point de vue quantitatif mais aussi qualitatif.

5.2 Tourteau

Les seules voies d'utilisation qui ont été ici développées sont l'alimentation animale et le tourteau combustible.

D'autres utilisations sont possibles mais sortent du cadre d'une valorisation sur l'exploitation agricole (combustible pour le chauffage ou la production d'électricité et de chaleur (cogénération), extraction des protéines ou des glucosinolates).

5.2.1 Tourteau alimentaire (bétail)

Dans le cadre de ce projet, un essai a été mené dont le but était de comparer les performances zootechniques de taurillons BBB culards recevant un régime contenant du tourteau de colza fermier par rapport à un régime témoin. Le régime au tourteau de colza a été formulé pour se rapprocher du régime témoin au niveau de la valeur énergétique et protéique.

Neuf taurillons d'un poids initial voisin de 500 kg ont été répartis en deux lots. Le premier lot a reçu le régime témoin, le second le régime « colza », les aliments étant distribués de manière à assurer une ingestion *ad libitum*. Les animaux ont été pesés au début de l'essai, ensuite tous les mois et avant départ à l'abattoir. Des échantillons d'aliment ont également été prélevés à des fins d'analyse. L'essai, prévu sur une période de 4 mois, a débuté le 01 mars pour s'achever le 01 juillet, date du départ des premiers animaux pour l'abattoir.

A l'issue de la période des 4 mois, on peut conclure que le tourteau de colza peut être utilisé sans problème en substitution du Tefex avec un GQM identique et une légère amélioration de l'IC. Aucun problème d'appétence n'a été constaté avec le régime « colza ».

L'aliment à base de colza a un coût inférieur de 14 euros/t par rapport au témoin, soit un gain de 7,5%. Pour une consommation de 10 kg d'aliment/taureau/jour, le gain est de 0,14 euros /taureau/jour, ce qui au terme d'une période d'engraissement de 200 jours, se traduit par un gain de 28 euros.

Aucune différence d'aspect, de couleur, de texture n'a été décelée sur les carcasses des animaux ayant reçu un aliment contenant 16% de tourteau de pression fermier riche en matières grasses en remplacement de 6% de tourteau de lin et de 10% d'aliment contenant de la graine de lin expandée (TEFEX).

On a par ailleurs observé une hausse conséquente de la teneur en acide stéarique (C18) ainsi qu'une baisse des teneurs en acides linoléique (C18 :2) et linoléique (C18 :3). En revanche, le rapport entre ces deux acides gras essentiels augmente un peu et se rapproche de la valeur conseillée de 5. L'explication de ces résultats pourrait être trouvée dans le

remplacement du lin normalement utilisé et riche en acide linoléique, par le colza plus pauvre en cet acide gras.

En conclusion, du point de vue zootechnique et économique, l'alternative proposée par l'emploi du tourteau de colza fermier dans l'engraissement de taurillons est tout à fait crédible. La meilleure preuve en est que l'exploitant qui a participé aux essais continue actuellement à l'utiliser.

5.2.2 Tourteau combustible

Le principal problème rencontré lors de la combustion du tourteau est sa friabilité trop grande pour les moyens de transports mis en œuvre dans les appareils pouvant brûler ce genre de combustible.

Des essais préliminaires ont été réalisés dans un poêle domestique conçu pour être alimenté par des céréales (orge, froment) ou des pellets (« tourteaux » reconstitués à partir de déchets de bois : sciure, copeaux,...). L'alimentation du foyer se fait, dans ce type de poêle, mais aussi dans des types de chaudières plus perfectionnées, par un système de vis d'Archimède, qui peut parfois être doublé pour éviter une remontée de flamme dans la réserve à combustible. La friabilité du tourteau obtenu au moyen de la presse utilisée pour le projet est telle que, lorsqu'il arrive dans le foyer, il se retrouve sous forme de fines particules, ce qui empêche une bonne combustion et provoque des pertes de rendement.

On peut cependant identifier plusieurs raisons pour lesquelles cette valorisation ne doit pas être écartée définitivement :

-  le pouvoir calorifique du tourteau est important (2 kg de tourteau représentent environ l'équivalent d'un kilo ou 1,2 litres de mazout), et en cas d'augmentation des cours du pétrole, le tourteau pourra devenir économiquement intéressant ;
-  certains types de presses, conçues pour des capacités supérieures, réalisent une pression en deux étapes, ce qui devrait fournir des tourteaux de compacité supérieure capables de résister à un court transport par vis d'Archimède ;
-  dans certains cas, cette utilisation énergétique devra être envisagée pour respecter la réglementation agricole relative à l'obligation d'obtenir, à partir de cultures cultivées sur des terres retirées de la production ou de culture énergétique, au moins 50% de revenus issus du non-alimentaire.

Cette utilisation nécessitera cependant un matériel spécifique qui, pour l'instant, est d'un coût financier supérieur au matériel traditionnel (poêles ou chaudières au mazout ou au gaz) mais dont on peut attendre à l'avenir une baisse des prix liée au développement de leur utilisation.

6 Analyse environnementale

6.1 Bilan énergétique de la production d'huile de colza

Par rapport aux bilan de filières industrielle telles que décrites dans les études effectuées en France (ECOBILAN), plusieurs étapes sont modifiées ou supprimées lors de la filière de production d'huile à la ferme:

- ☞ le transport des graines, qui était de 150 km vers l'usine de transformation peut être réduit de 90%, 15 km étant une moyenne acceptable de la distance ferme-champs en Wallonie ;
- ☞ le poste 'trituration' peut, lui aussi, être considérablement diminué. En effet, contrairement au procédé industriel qui utilise force énergie (chaleur pour chauffer les graines avant pression, récupération de l'hexane par chauffage du tourteau,...) et produits chimiques (hexane essentiellement), nous avons ici affaire à une première pression à froid qui n'exige que peu d'énergie électrique (0,2 kWh/kg huile produite (trituration+filtration) ou 0,72 MJ/kg d'huile produite). En réalisant une allocation massique similaire à celle utilisée dans l'étude ECOBILAN, 30% de cette consommation électrique doit être imputée à l'huile, soit 0,216 MJ/kg d'huile.
- ☞ le poste 'semi-raffinage' peut être supprimé, l'huile obtenue ne subissant d'autre traitement qu'une filtration (également nécessaire dans le procédé industriel).
- ☞ enfin, le poste 'distribution' (de l'usine de transformation vers le centre régional de distribution) peut être estimé à 0 car l'unité de transformation peut être assimilée à un dépôt régional ou même à un distributeur final.

Les autres postes que sont la culture et le stockage/séchage des graines ne sont pas modifiés.

Le ratio énergétique pour l'huile de colza, obtenu en fonction des différentes hypothèses, est ainsi de 5.45 (cela signifie que pour produire 5,45 unités d'énergie renouvelable sous forme d'huile végétale, 1 unité d'énergie fossile a été nécessaire). Une production décentralisée opérant au moyen d'une technique nécessitant peu d'énergie et aucun produit chimique permet ainsi un accroissement de 22% du ratio énergétique. L'huile de colza produite localement présente un ratio énergétique supérieur de 85 % à la filière EMHV (ester méthylique d'huile végétale = biodiesel).

6.1.1 Bilan environnemental de l'utilisation carburant de l'huile de colza

Les moteurs actuels étant gérés par un boîtier électronique qui intègre plusieurs dizaines de paramètres liés au moteur et aux conditions extérieures, il est délicat de vouloir tirer des conclusions à partir d'une seule série d'essais et sur un seul moteur. En effet, deux essais réalisés dans les mêmes conditions n'ont pas donné de résultats équivalents. Ce phénomène est lié à la variabilité de paramètres importants tels que la pression de turbo ou la durée d'injection, paramètres qui sont eux-mêmes dépendants de beaucoup d'autres.

Il est cependant possible de tirer certaines tendances en relation avec l'emploi d'huile carburant:

- ☞ Le CO₂ rejeté s'inscrit dans un cycle fermé et ne contribue pas à l'accroissement des gaz à effet de serre ;
- ☞ baisse de la teneur en CO ;
- ☞ hausse limitée des oxydes d'azote ;
- ☞ baisse importante des particules ;
- ☞ les résultats obtenus pour les hydrocarbures ne permettent pas faire ressortir une tendance nette ;

- il devrait y avoir une baisse des oxydes de soufre en relation vu la faible teneur de l'huile en soufre
- contrairement au diesel qui s'évapore facilement et qui nécessite l'équipement des stations service pour la récupération de ces vapeurs, l'huile ne s'évapore pas, il n'y a pas de COV.
- l'huile étant rapidement biodégradable présente peu de risque pour l'eau (dans l'échelle allemande, l'huile se trouve dans la classe WGK 0, le biodiesel dans la classe WGK1 et le diesel dans la classe WGK2).

6.1.2 Bilan environnemental de l'utilisation de l'huile de colza comme combustible

Les essais réalisés sur poêle ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- les essais répondent aux normes EN1 en vigueur pour les poêles à mazout sur le marché européen ;
- les émissions mesurées sont excellentes et correspondent à un mazout de très bonne qualité ;
- les composants volatils imbrûlés mesurés avec un appareil FID (*flame ionisation detector*) étaient assez élevés, en position 2 avec un tirage à la limite supérieure du tirage habituel en cette position, avec une production de CO comparable à celle du mazout à cette position critique avec un tirage critique.

6.1.3 Bilan environnemental de l'utilisation de l'huile de colza comme huile de chaîne

L'utilisation de lubrifiants à base végétale est particulièrement indiquée pour une application impliquant des pertes d'huile comme l'huile de chaîne de tronçonneuse. Lors d'une telle utilisation, l'huile est en effet éjectée après avoir rempli sa fonction une seule fois et tombe sur le sol de la forêt, soit directement, soit en adhérant à la sciure. Les deux paramètres importants du point de vue écologique sont dès lors sa biodégradabilité (décomposition de l'huile par les micro-organismes) et sa toxicité envers ces mêmes micro-organismes mais aussi envers tout l'écosystème (vers, insectes, poissons,...).

6.1.3.1 Biodégradabilité de l'huile de chaîne

La biodégradabilité de l'huile de chaîne de tronçonneuse formulée à partir d'huile de colza produite à la ferme et d'additif EMPEX BT 1500 (8%), lui-même d'origine végétale et dont le taux de biodégradabilité est supérieur à 90% est de 97 % (selon CEC L-33-A-94).

6.1.3.2 Ecotoxicité de l'huile de chaîne

La toxicité de l'huile a été déterminée au moyen d'un test sur daphnies qui consiste en la détermination, dans les conditions définies par la norme OECD 202, de la concentration initiale qui, en 24 h et 48 h, immobilise 50% des Daphnies mises en expérimentation (concentration efficace initiale).

Les résultats obtenus montrent que, après incubation de 48 heures, l'immobilisation de 50% des daphnies n'est atteinte pour aucune des concentrations testées (de 0,001% à 1%). La concentration efficace initiale inhibitrice à 48h est donc largement supérieure à ces concentrations. On peut dès lors en conclure que ce produit n'est pas toxique pour l'environnement.

7 Analyse économique

7.1 Investissements

Dans l'analyse économique développée ci-dessous, on considère que des bâtiments inoccupés peuvent être, à peu de frais, aménagés pour accueillir l'unité de transformation (250 EUR pour la rénovation de l'installation électrique, de l'éclairage, percements de quelques murs ou plafonds,...).

Plusieurs scénarios ont été développés dans le rapport final, selon l'origine des graines : autoproduction ou achat à un négociant. Dans ce guide, on ne prend à titre d'exemple que le cas où la totalité des graines de colza destinées à être transformées sont stockées sur place sans frais d'aménagement.

Le matériel de réception (séchoir, trieur) peut être acquis d'occasion (séchoir : 500 EUR, trieur : 250 EUR).

C'est la presse, avec un investissement de 6.000 EUR (pour le modèle retenu lors de ce projet), qui représente le budget le plus important de l'installation. Des aménagements annexes (positionnement de la presse, approvisionnement de celle-ci) sont estimés à 150 EUR.

Suivant l'utilisation attendue de l'huile, les investissements sont différents. Dans le cas d'une utilisation énergétique, du matériel moins coûteux ou de récupération peut être utilisé (tuyaux et accessoires : 250 EUR, pompe : 250 EUR, cuves de décantation : 3 cuves * 50 EUR/cuve = 150 EUR, cuves de stockage : 3 cuves * 50 EUR/cuve = 150 EUR).

Pour la filtration, on considère que la filtration se fait par deux carters pour une filtration en deux étapes (1000 EUR).

Le tourteau ne nécessitant pas de traitement spécifique, est appelé à être utilisé rapidement (stockage limité). Le matériel pour la manutention et le transport étant naturellement présent dans une exploitation agricole, aucun investissement n'est retenu pour ce poste.

Dans le cadre du projet Tricof, l'investissement s'est donc monté à 8950 EUR. Dans le cadre des calculs ci-dessous, nous arrondissons à 10 000 EUR. L'investisseur potentiel devra toutefois refaire le calcul pour son propre cas.

7.2 Les consommations

7.2.1 Matière première

Dans le cas d'une utilisation optimale de l'unité, soit 300 jours/an avec une transformation de 25 kg de graine à l'heure, la quantité totale est de 180 tonnes ou l'équivalent de 60 ha de colza sur jachère (rendement moyen de 3.000 kg/ha). On considère que 30 t sont produites et stockées dans la ferme. 150 t sont achetées à l'extérieur au prix du marché.

Les graines sont valorisées à **220 EUR/t**.

7.2.2 Electricité

La consommation électrique de la presse a été déterminée à 0,16 kWh/litre d'huile brute produite, soit, pour une densité de 0,920 et un rendement d'extraction de 30%, une consommation de 0,05 kWh par kg de graines transformées.

A cela viennent s'ajouter les consommations des pompes, du séchoir, du trieur, des vis de transport,... si bien que le coût électrique est estimé à 6 EUR/t en prenant un coût moyen du kWh de 0,10 EUR.

7.2.3 Cartouches de filtration

La quantité minimale d'huile décantée pouvant être filtrée avec un jeu de cartouche étant de 1400 litres et les prix des cartouches étant respectivement de 8,2 EUR/cartouche de 20µm et 9,3 EUR/cartouche de 10µm, on peut estimer la filtration à un prix de $(8,2 * 3 + 9,3)/1400$ soit 0,025 EUR/litre d'huile ou 8 EUR/t de graines transformées.

Des tests n'ayant pu être réalisés avec un filtre à plaque, il est difficile de prévoir les coûts d'utilisation d'un tel type de filtre. Cependant, le coût par unité de la surface filtrante étant largement inférieur dans ce cas, les coûts de filtration pourraient être réduits d'un facteur 10 et seront estimés à 1 EUR/t de graines transformées.

7.2.4 Entretien et réparations

La vis de la presse est la pièce qui subit le plus de contraintes et est donc soumise à une usure accélérée. Son remplacement est prévu toutes les 10.000 heures (n'a pu être vérifié sur l'installation pilote) et coûte 300 EUR. Le coût à la tonne de graines transformées s'élève dans ce cas à 1,2 EUR. En prenant en compte les autres frais d'entretien (graissage, entretien sur les autres matériels,...), on peut donc estimer les frais totaux à 1,5 EUR/t de graines transformées.

7.2.5 Charges salariales

Les charges salariales ne sont prises en compte que pour le fonctionnement direct de l'unité dans le tableau 3 ci-dessous, car le travail supplémentaire, de prospection et de vente par exemple, est trop variable que pour être chiffré précisément (voir point 7.4. à ce sujet).

On tient compte ici d'une prestation d'une demi heure par jour de surveillance et de 4 heures par semaine pour la manutention et le triage des graines, la filtration de l'huile et la manutention du tourteau. Soit un total de 7,5 heures/semaine. A ce total, réservé à la production, on ajoute annuellement 3 jours * 8 heures/jour pour le nettoyage complet et la remise en ordre de l'installation. On arrive ainsi à une prestation de 345 heures/an, qui sont valorisées à 25 EUR/h.

7.2.6 Charges financières

Les investissements (10000 EUR) sont calculé simplement par amortissement constant sur 10 ans, à valeur résiduelle nulle, avec un intérêt sur la somme restant due de 7% (charge de la première année reprise ici). L'immobilisation de la récolte propre n'occasionne pas de frais si l'on considère qu'elle est la première transformée (délai de transformation : 2 mois - délai de paiement lors d'une vente au négoce : 3 mois)

Des frais financiers supplémentaires sont liés au coût du dépôt de la caution (frais bancaires de 200 EUR) et aux frais financiers pour l'achat de quantités supplémentaires de graines.

Pour information :

-  montant de la caution « colza sur jachère » : 250 EUR/ha,
-  montant de la caution «aides cultures énergétiques» : 60 EUR/ha,
-  libération de la totalité de la caution après 1,5 an,

 frais liés à l'importance du montant cautionné : 1% de la caution/an

Dans les calculs ci-dessous, nous prenons donc un coût de 200 EUR + 60 ha x 250 EUR x 1,5 an x 1% = 425 EUR

7.3 Les produits

7.3.1 Huile

Indépendamment du prix « utilisateur » qui est fonction, pour l'huile carburant, d'une exonération totale, partielle ou nulle de l'accise, et, pour l'huile lubrifiant, de l'ajout en quantité plus ou moins importante d'additif et des frais générés par le conditionnement, c'est le prix « départ unité de production » qui est considéré.

L'huile est valorisée à **700 EUR/t**, ce qui correspond à un prix de vente de 0,65 EUR/l (soit 700 x 0,92 kg/l), un prix réaliste car encore bien inférieur au prix actuel du diesel routier.

7.3.2 Tourteau

Dans le contexte actuel, tout le tourteau produit est consommé ou vendu pour l'alimentation animale. Le prix retenu dans l'exemple est de **0.20 EUR/kg**.

7.4 Calcul économique de la transformation des graines

Dans le scénario choisi, la capacité de la presse est entièrement exploitée (10 mois/an) à partir de la production propre (30 t) et de quantités achetées (150 t). Le stockage des 30 t est réalisé sur l'exploitation. Le compte de résultat prévisionnel (Tableau 7) indique un revenu d'exploitation de près de 10 000 EUR par an environ, auquel il faut ajouter un revenu du travail qui a été comptabilisé à 8600 EUR.

Toutefois, il faut noter que ces calculs dépendent d'hypothèses importantes telles que le prix d'achat des graines et le prix de vente de l'huile. L'impôt sur les bénéfices n'a pas été pris en compte. D'autre part il n'est pas tenu compte du travail d'administration nécessaire pour mettre en place la filière (contact avec négociants, les banques, etc.), ni des démarches commerciales nécessaires à la vente des produits (démarcher les clients, les servir, etc.). Tout ce travail est compensé par le revenu d'exploitation.

Notons également que tous les calculs sont réalisés hors TVA. En réalité, celle-ci devra bien sûr être appliquée sur les achats et les ventes.

Tableau 7: *Tableau prévisionnel des résultats*

Poste	Prix unitaire €/t	Quantité t	Total €
Achat graines	220	180	39600
Electricité	6	180	1080
Filtration	8	180	1440
Maintenance	1,5	180	270
Coûts d'exploitation (hors main d'œuvre)			42390
Vente			

Huile 30 %	700	54	37800
Tourteau 70 %	200	126	25200
Total vente			63000
Total ventes et prestations			20610
Frais financiers (caution)			425
Investissements			
Frais financiers			700
Remboursements			1000
Travail nécessaire pour fonctionnement de l'unité	25 €/h	345 h/an	8625
Résultats net d'exploitation			9 860

Ces chiffres sont donnés **uniquement à titre indicatif**. Le candidat investisseur devra vérifier par lui-même ceux ci pour réaliser son plan d'affaires.

7.5 Aides et subventions possibles

7.5.1 Au niveau de l'exploitation

Des aides dans le cadre du Plan wallon de Développement rural sont prévues :

-  **Mesure 1 : Investissement dans les exploitations agricoles (FIA) sous forme d'une subvention-intérêt sur le montant emprunté.**
-  **Mesure 7 : Diversification, pluriactivité, produits de qualité.** Les activités financées dans le cadre de cette mesure sont :
 - les études de faisabilité, études de marché, conception de produits,... en vue de réaliser un projet spécifique. Ces activités ne peuvent dépasser 12% du coût total du projet. Le financement peut être couvert à 100% par l'aide publique.
 - une aide au démarrage d'associations et de petites entreprises. Aide publique dégressive sur 3 ans (75%, 50%, 25%).
 - les investissements pour des activités de diversification (à l'exclusion de certaines catégories de produits). Aide publique : maximum 40% du coût total et plafonnée à 100.000 EUR sur 3 ans. Ces aides ne sont cependant pas valables pour des investissements en matériel (visés par la mesure 1) mais pour des investissements à la commercialisation (marketing,...).

7.5.2 Au niveau d'un groupement

Au niveau de la production, il faut renforcer les organisations de producteurs en matière économique et commerciale, encourager les structures coopératives afin de diminuer les coûts de production et de mieux valoriser les produits.

La mise en commun de l'infrastructure pourrait s'avérer utile pour diminuer les frais d'investissement et de répartir au mieux les frais de fonctionnement (caution partagée,...).

La vente de l'huile peut, dans cette optique, s'envisager séparément ou en commun et, en ce qui concerne le tourteau, chaque agriculteur reprend son tourteau.

Une autre solution est une unité itinérante qui passerait de ferme en ferme, triturer les graines à façon pour les différents agriculteurs du groupement.

8 Aspects législatifs et réglementaires

Le colza qui serait transformé à la ferme peut provenir de cultures normales ou de cultures à usage non-alimentaire (terres mises en jachère ou cultures énergétiques). D'un autre côté, la valorisation que l'on envisage pour les différents produits qui sont issus de la transformation peut, elle aussi, être variée. Quelle que soit la provenance et/ou la destination du colza et de ses sous-produits, un certain nombre de réglementations doivent être respectées. Il s'agit principalement de la réglementation agricole dans le cas où le colza provient de cultures non-alimentaires, des réglementations fiscale et sanitaire selon les utilisations envisagées.

8.1 Réglementation agricole

8.1.1 Situation initiale (avant la révision à mi-parcours de 2003)

L'utilisation des terres mises en jachère pour la production de matières premières servant à la fabrication de produits qui ne sont pas destinés à la consommation humaine ou animale est régie par le règlement (CE)2461/1999 (en cours de révision).

Le règlement (CE)587/2001 avait introduit la possibilité, pour le producteur, d'utiliser certaines de ses productions (céréales et oléagineux) pour chauffer son exploitation ou pour la production, dans son exploitation agricole, d'énergie et de biocombustibles. Malheureusement, pour de telles utilisations, les graines de céréales ou d'oléagineux visés ici devaient faire l'objet d'une dénaturation. Dans une telle perspective, la partie « tourteau » résultant de l'extraction de l'huile des graines de colza était donc également dénaturée et ne pouvait plus être valorisée en alimentation animale.

Cet obstacle a été levé par le règlement (CE)345/2002 qui autorisait, moyennant certaines dispositions (pesée de la récolte, tenue de registres,...), à dénaturer l'huile plutôt que les graines entières.

Ce règlement implique donc que les produits obtenus dans le cadre d'une transformation à la ferme peuvent uniquement être utilisés à des fins énergétiques : combustible, carburant, biogaz. Toute autre valorisation, même non-alimentaire, comme par exemple de l'huile lubrifiante, est exclue.

Ce règlement implique également certains changements pour l'agriculteur qui est considéré comme un producteur-transformateur :

-  le contrat de cultures non-alimentaires normalement établi entre le producteur et un négociant ou un transformateur doit être remplacé par une déclaration dans laquelle sont reprises les différentes obligations du producteur-transformateur. Les délais de remise de ce document sont identiques aux contrats conventionnels (31 janvier pour les cultures d'hiver, date limite de la remise des déclarations de superficie pour les cultures de printemps).
-  la caution qui est normalement versée par le négociant doit être constituée par le producteur-transformateur. C'est également lui qui se charge des formalités pour la libération de la caution.
-  Le producteur-transformateur doit tenir une comptabilité spécifique de la matière première ainsi que des produits et sous-produits de la transformation : registre des entrées (graines) et des sorties (huile et tourteau).
-  L'huile doit être dénaturée suivant la procédure mise en place par les autorités compétentes.
-  La valeur économique des produits non-alimentaires issus de la transformation doit être plus élevée que celle de tous les autres produits destinés à la consommation

humaine ou animale issus de la même transformation. Autrement dit le prix de la valorisation de l'huile en non-alimentaire devra être supérieur au double du prix du tourteau si celui-ci est valorisé dans l'alimentation animale (en prenant un rendement à l'extraction de 33 %, soit 3 kg de graines de colza donnent 1 kg d'huile et 2 kg de tourteau).

En outre, les autres dispositions s'appliquant au règlement des cultures non-alimentaires restent d'application :

-  respect des délais d'introduction des documents (déclaration de superficie, déclaration de récolte,...) ;
-  respect des rendements minimum à atteindre en ce qui concerne le colza et demande d'un constat de dégât si ce rendement minimum ne pourra être atteint (attaques de ramiers, sclérotinia, phoma,...).

L'autorité compétente pour ces aspects est le Ministère de la Région wallonne, Direction Générale de l'Agriculture, Division des aides à l'agriculture (IG2), direction du secteur végétal (D23) et Direction du contrôle (D25).

8.1.2 Situation révisée

Suite à la révision à mi-parcours de la PAC votée en juin 2003 (règlement 1782/2003 paru au JO le 21/10/2003) et qui prendra effet au 01/01/2004 pour certaines dispositions, plus tard pour d'autres, les agriculteurs ont le choix entre les solutions suivantes pour la production de culture énergétique :

-  Cultures « normales » ;
-  Cultures non-alimentaires sur jachères;
-  Cultures énergétiques sur des terres non mises en jachères avec, dans ce cas, une prime supplémentaire de 45 EUR/ha. Dans ce cas, les cultures sont spécifiquement destinées à la production de biocarburant ou d'électricité et de chaleur:
 - Les produits considérés comme des biocarburants sont énumérés à l'article 2, point 2, de la directive 2003/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports ; l'énergie électrique et thermique produite à partir de la biomasse. »
 - La superficie garantie pour ce régime est de 1.500.000 ha pour l'EU-25;
 - Les terres soumises à ce régime ne peuvent être considérées comme étant en jachère ;
 - Ces cultures doivent également faire l'objet d'un contrat entre le producteur et un transformateur tout en conservant l'option que la transformation peut avoir lieu sur l'exploitation agricole ;
 - Ces dispositions sont entrées en vigueur au 01/01/2004.

A côté de cela, et en raison de la sécheresse que l'Europe a connue au cours de l'été 2003, la Commission a ramené le taux de jachère à 5% pour la récolte 2004. Ces fluctuations du taux de jachère sont un facteur d'instabilité pour la filière sur jachère.

Les réglementations jachère et « cultures énergétique » sont en cours de révision et seront sans doute adaptées dès la récolte 2005.

8.2 Réglementation fiscale

8.2.1 T.V.A .

Au vu des différentes voies possibles de commercialisation, des questions ont été soulevées concernant le taux de TVA à appliquer aux divers co-produits issus de la trituration du colza.

La réponse de l'administration de la TVA (Service Public Fédéral Finances), indique que le taux de TVA à appliquer aux différents produits est de 6%, quel que soit l'usage dont il est fait de ces produits vendus purs (huile, tourteau).

En ce qui concerne des produits formulés à partir des produits de base (ex : huile de chaîne de tronçonneuse résultant du mélange d'huile de colza et d'un additif industriel), le taux à appliquer est de 21 %.

8.2.2 Accises

Le domaine des huiles minérales dont émergent les carburants était régi par la directive 92/81/CEE jusqu'au 31 décembre 2003. A partir du 1er janvier 2004, entrent en vigueur de nouvelles règles communautaires fixant la taxation des produits énergétiques et de l'électricité.

8.3 Directives européennes pour la promotion des biocarburants

8.3.1 La directive « fiscale »

Une directive européenne (2003/96/CE) sur la taxation des carburants permet aux États membres d'appliquer un régime fiscal différencié en faveur des biocarburants afin de rendre ceux-ci concurrentiels sur le marché.

Le gouvernement belge s'est montré favorable à la défiscalisation des biocarburants, mais la mise en pratique sur le terrain d'une telle directive suscite encore bien des questions. Ainsi quel sera le statut qui sera réservé aux petits producteurs de biocarburant, quels contrôles seront opérés par l'administration, quelle sera la surcharge administrative pour ces petits producteurs ?

8.3.2 La directive « promotion »

L'objectif de cette directive (2003/30/CE) intitulée « Energie : utilisation des biocarburants dans les transports routiers » est de promouvoir une utilisation accrue des biocarburants pour les transports dans l'Union européenne afin de contribuer à la sécurité d'approvisionnement des carburants utilisés pour les transports, à la réduction des émissions de CO₂, au développement rural et au maintien de l'emploi dans les zones rurales.

Pour ce faire, la directive propose aux États membres d'adopter la législation et les mesures nécessaires pour que, à partir de 2005, les biocarburants représentent une part minimale des carburants pour les transports vendus sur leur territoire, les États membres ayant la possibilité de décider de la meilleure manière d'atteindre cet objectif. Les objectifs à atteindre sont de 2 % en 2005 et 5,75% en 2010. L'huile végétale est intégrée dans la liste des biocarburants.

8.4 Réglementation sanitaire

Dès qu'un produit est destiné directement ou indirectement à la consommation humaine, les réglementations se multiplient pour préserver la santé publique. Ces réglementations visent aussi bien les conditions de production, que les conditions de mise en vente ou d'étiquetage du produit fini. Bien que l'idée première du projet pilote visait des usages non alimentaires, la diversification à la ferme par la production alimentaire présente également un certain attrait.

8.4.1 Production de l'huile et responsabilité

L'Arrêté Royal du 07 février 1997 relatif à l'hygiène générale des denrées alimentaires donne les dispositions valables dans ce domaine et concerne toute personne qui traite, transforme ou conditionne des denrées alimentaires.

Les exploitants du secteur alimentaire doivent veiller à ce que des procédures adéquates (basées sur la méthode HACCP) soient mises au point pour maîtriser les risques sur les produits (microbiologiques, physiques et chimiques) et retirer du marché les denrées alimentaires susceptibles de présenter un risque grave pour la santé du consommateur. Un auto-contrôle complet doit être réalisé depuis l'entrée des matières premières jusqu'à la sortie des produits finis. Les fabricants doivent en outre tenir un registre approprié qui identifie le fournisseur des ingrédients et denrées alimentaires utilisées pour le fonctionnement de leur entreprise.

Pratiquement, dans le cas qui nous occupe, les locaux de production doivent répondre aux normes suivantes :

-  les surfaces (sol, murs, plafond) doivent être dures, lisses et lavables ;
-  les eaux de lavage doivent pouvoir être évacuées de manière hygiénique ;
-  présence de vestiaires et de sanitaires ;
-  présence d'un évier (inox) avec eau chaude et eau froide pour les mains avec idéalement une commande au genou ;
-  obstruction des fenêtres éventuelles par des moustiquaires ;
-  protection des ampoules ;
-  les câbles et tuyaux doivent être regroupés dans des gaines facilement nettoyables ;
-  le système de production doit répondre aux normes HACCP ;
-  les tuyauteries, cuves et autres matériels en contact avec le produit doivent être dans un matériau approuvé pour le contact alimentaire : inox, plastique alimentaire ou aluminium.

Il est donc manifeste que toute la filière agricole doit assurer un auto-contrôle complet depuis l'entrée des matières premières jusqu'à la sortie des produits finis et est tenue de se conformer à des exigences légales en matière de qualité. Le fil conducteur entre tous les maillons étant clairement la traçabilité qui permet de documenter la maîtrise de la qualité par des enregistrements écrits.

L'Arrêté Royal du 23 avril 1974 donne disposition générale sur les huiles comestibles (dénomination, conditions de mise sur le marché,...).

8.4.2 Conditionnement et étiquetage

Des différentes réglementations concernant le conditionnement et l'étiquetage, on peut retenir que:

-  les récipients doivent être à usage alimentaire ;
-  le scellage des bouchons n'est, jusqu'à présent, pas obligatoire ;
-  l'étiquette doit mentionner le produit (Huile de Colza vierge obtenue par première pression à froid), les conditions particulières de conservation et de consommation, la date limite de consommation, les nom et adresse du producteur, du conditionneur ou du vendeur, la quantité ;
-  si l'étiquetage nutritionnel (protides, glucides, lipides) est mentionné, il est possible de faire apparaître après le point 'lipides' la composition répartie en saturés, mono-insaturés et poly-insaturés ainsi que cholestérol.

9 Conclusions

A l'issue de deux années de suivi de l'installation pilote, les conclusions suivantes peuvent être tirées. Au point de vue **technique**, la transformation de graines de colza dans une exploitation agricole est possible avec des investissements relativement limités. La diversité de l'offre en matière de presses mais également de systèmes de filtration permet d'envisager des unités pouvant transformer des quantités variant de quelques ha par an à plusieurs dizaines d'ha/an.

Du point de vue de la **réglementation** agricole sur jachères, la limitation des usages aux seules valorisations énergétiques dans le cas d'une auto-transformation sur l'exploitation agricole ferme la porte à d'autres voies de valorisation non-alimentaires telles que les lubrifiants par exemple. Cependant, l'introduction des cultures énergétiques, et de la prime supplémentaire de 45 EUR/ha qui y est liée, lors de la révision à mi-parcours de l'Agenda 2000 en juin 2003 sont un plus pour une transformation à destination énergétique sur le lieu de production. Sans négliger les terres hors jachère et hors cultures énergétiques pour toute autre application (lubrifiants).

Les conditions de conservation des graines et de l'huile se sont également révélés être des éléments importants pour la qualité des co-produits. Les produits générés peuvent s'orienter vers différentes voies de valorisation possibles.

L'utilisation en alimentation animale du **tourteau** peut se généraliser sans problème, du moins en engraissement. La dernière barrière qui semble donc persister contre cette utilisation du colza en alimentation animale est la méfiance des agriculteurs eux-mêmes pour qui le colza a, à l'heure actuelle, toujours mauvaise réputation. Mais le besoin toujours accru de la part du consommateur d'une traçabilité poussera les agriculteurs à employer un maximum d'aliments produits sur l'exploitation.

Les résultats relatifs à l'utilisation de l'huile pour la formulation d'**huile de chaîne de tronçonneuse** sont mitigés et appellent une suite pour approfondir ces premiers résultats.

Le projet a confirmé les expériences menées à beaucoup plus grande échelle dans les pays voisins avec l'**huile-carburant**. Pour une telle utilisation, il faudra cependant pouvoir fournir aux utilisateurs des garanties sur la qualité du produit qu'ils sont appelés à utiliser, par exemple par le biais de contrôles qualité (ou une charte qualité ?). La plupart des paramètres caractérisant l'huile sont conformes avec une utilisation carburant en mélange à hauteur de 25 % dans le diesel. En effet, des paramètres tels que la viscosité, le point éclair, le pouvoir calorifique sont liés à la nature même du produit et ne présentent que peu de variabilité. Il faudra surveiller la contamination de l'huile et sa teneur en phospholipides, soit des paramètres liés au processus de filtration utilisé.

Le **bilan économique** montre qu'une unité de production d'huile et de tourteau à la ferme peut être rentable, en fonction des hypothèses de calcul réalistes qui ont été prises. Un calcul au cas par cas est toutefois nécessaire. L'huile ne peut être compétitive par rapport au diesel que si l'accise est fortement réduite.

Au point de vue **environnemental**, l'utilisation d'huile de colza en remplacement d'une base minérale dans les huiles de chaîne de tronçonneuse se révèle intéressante par son caractère renouvelable, sa haute biodégradabilité (97 %) ainsi que sa faible toxicité. L'utilisation d'huile carburant permet également de s'inscrire dans un cycle fermé du carbone et de limiter les émissions d'oxydes d'azote, de monoxyde de carbone et de particules.

D'une manière générale il est donc intéressant pour des agriculteurs wallons de développer de petites unités de trituration pour une vente localisée d'huile carburant défiscalisée, à des clients motivés par leur implication dans de telles filières courtes.

10 Bibliographie

BURGHART P. Evrard, J. 2002 « Graines oléagineuses : du stockage à l'alimentation animale » collection 'Points techniques du CETIOM'.

JOYE, P., 2004 "Transformation et valorisation du colza a la ferme". Rapport final du Projet développé avec le soutien de la Direction générale de l'Agriculture du Ministère de la Région wallonne. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. 246 pages.

FERCHAU Erik 2000 « Equipment for decentralised cold pressing of oil seed », Folkecenter for renewable Energy

LAPIERRE Olivier 2003« Nourrir des bovins sans un gramme de soja importé », CEREOPA/INA P-G, aux Rencontres annuelles du CETIOM, 25 & 26 novembre 2003, Paris

MANDIKI S.N.M., DERYCKE G., BISTER J.-L., PAQUAY R., MABON N., WATHELET J.-P. ET MARLIER M. « 2000 Les potentialités du tourteau de colza pour l'engraissement de jeunes ruminants », , publication du ministère des classes moyennes et de l'agriculture, Recherche et Développement.

NOVAK M.H. 2001 Valorisations des coproduits issus de la trituration du colza à la ferme. Proposition de Projet. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. 15 pages + annexes.