

Esters d'huiles végétales suisses utilisées comme carburant pour moteurs diesel

Les premiers résultats d'exploitations sont positifs

Manfred Rinaldi, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon
 Eric Herger, Eco Energie Etoy, CH-1163 Etoy (VD)

La première et, jusqu'à présent l'unique, installation produisant de l'ester méthylique de colza (biodiesel, EMC) en Suisse a produit 1,801 millions de litres de biodiesel à partir de 4853 tonnes de graines de

colza, depuis sa mise en service au début novembre 1996 jusqu'à fin juin 1997. 3013 tonnes de tourteaux de colza de première qualité ont également été produites ainsi que 265 tonnes de phase glycérique,

avec 60% de glycérine pure. Le résultat d'exploitation est équilibré car les récoltes de colza de deux ans (1995 et 1996) étaient à disposition de l'installation qui a ainsi pu produire à pleine capacité.

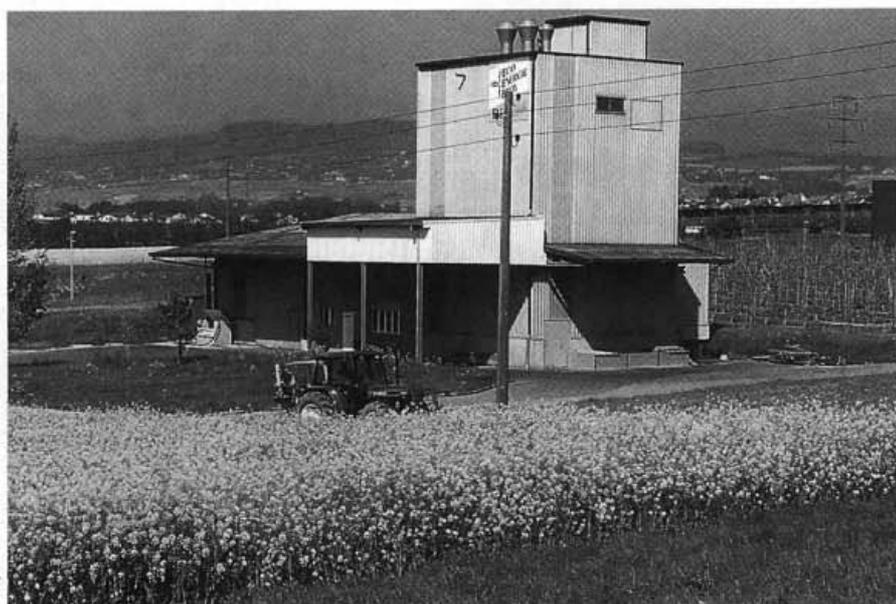


Fig. 1. Vue d'ensemble de l'installation d'Etoy au printemps 1997.

| Sommaire | Page |
|--|------|
| Problématique | 2 |
| Solution | 2 |
| Installation de transestérification EMC à Etoy | 2 |
| Description du fonctionnement | 4 |
| Résultats | 7 |
| Bibliographie | 11 |

Problématique

Il reste encore de nombreuses recherches à faire et beaucoup d'actions à entreprendre en ce qui concerne la production d'énergie à partir de matières premières renouvelables. La fabrication d'agents énergétiques de qualité comme le carburant pour moteurs diesel est particulièrement importante.

Or les huiles végétales, en Suisse principalement l'huile de colza, peuvent tout à fait être utilisées à ces fins.

Les propriétés du carburant pour moteurs diesel sont définies très précisément par les normes SN 181160-1, SN EN 590. Quant aux propriétés de l'EMC, elles sont définies par les normes ÖNORM C 1190 et DIN V 51 606 (tab. 3). Le fabricant ne garantit le bon fonctionnement du moteur diesel que lorsque le carburant utilisé est conforme à la norme. Sachant que pour de nombreux paramètres, l'huile de colza se situe nettement en dehors de la norme, il faut soit adapter le moteur, soit modifier le carburant.

Actuellement, la transformation de l'huile de colza en carburant pour moteurs diesel se fait généralement par transestérification en ester méthylique de colza (EMC) avec du méthanol. De cette manière, on arrive généralement à adapter les spécifications des carburants aux exigences des moteurs modernes [1]. L'inconvénient de ce procédé tient au coût non négligeable de la construction et de l'exploitation d'une installation de transestérification.

Solution

Les premières expériences relatives à l'utilisation de l'ester méthylique de colza comme carburant diesel ont été effectuées en Autriche au milieu des années 80. La Station fédérale de technique agricole de Wieselburg au der Erlauf a joué un rôle de pionnier en la matière. En collaboration avec des universités et des partenaires de l'industrie, elle a mis au point une installation pilote pour l'EMC, et réalisé les premiers essais du nouveau carburant baptisé biodiesel, sur une flotte de véhicules.

Le projet de construction d'une installation de transestérification en Suisse a vu le jour en mai 1993, après que des essais réalisés à la FAT aient montré que l'ester méthylique de colza pouvait être utilisé comme carburant pour les moteurs diesel des tracteurs et qu'une «petite» installation gérée en coopérative, avec une capacité annuelle de 1000 à 2000 tonnes d'EMC (ce qui représente une surface de culture de 1000 à 2000 ha) était la solution qui correspondait le mieux à la réalité suisse.

Une pré-étude réalisée par Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG Zurich et Novamont SpA, Milan [2] datée d'octobre 1992, à laquelle la FAT a largement participé, a beaucoup contribué à ce résultat.

Une coopérative entreprenante d'Etoy au bord du Léman a réalisé la construction et assure l'exploitation d'une installation de pressage et de transestérification (fig. 5). L'exploitation a

été organisée de telle manière que les fournisseurs de graines de colza deviennent membres de la coopérative. Les graines, les tourteaux de colza et l'EMC restent toujours la propriété des coopérateurs. Les fournisseurs de colza payent la transformation de leur produit à la coopérative.

A la demande de cette coopérative, la FAT participe à l'évaluation de l'installation et au relevé des résultats.

Pour la planification de l'installation, on peut se référer aux expériences étrangères, notamment à l'Autriche. Une visite des petites installations de Mureck, Starrein et Asperhofen a été organisée. A Etoy, l'installation a été réalisée par l'entreprise autrichienne Heid Saatechnik Ges.m.b.H., Stockerau.

Depuis l'automne 1996, l'installation d'Etoy fonctionne à pleine capacité. Les premiers résultats peuvent déjà être présentés dans ce rapport.

Installation de transestérification EMC à Etoy

L'ancien bâtiment d'Etoy de l'Association suisse des sélectionneurs, composé d'un silo et d'une halle de stockage, était idéal pour abriter une installation de transestérification.

L'intérieur du silo a été transformé. Il contient à présent tout le dispositif nécessaire à l'extraction de l'huile de colza.



Fig. 4. Les trois citernes de stockage du méthanol, du biodiesel et de la phase glycérique sont en place.



Fig. 5. Chef d'exploitation (à gauche) et deux membres du comité en discussion.

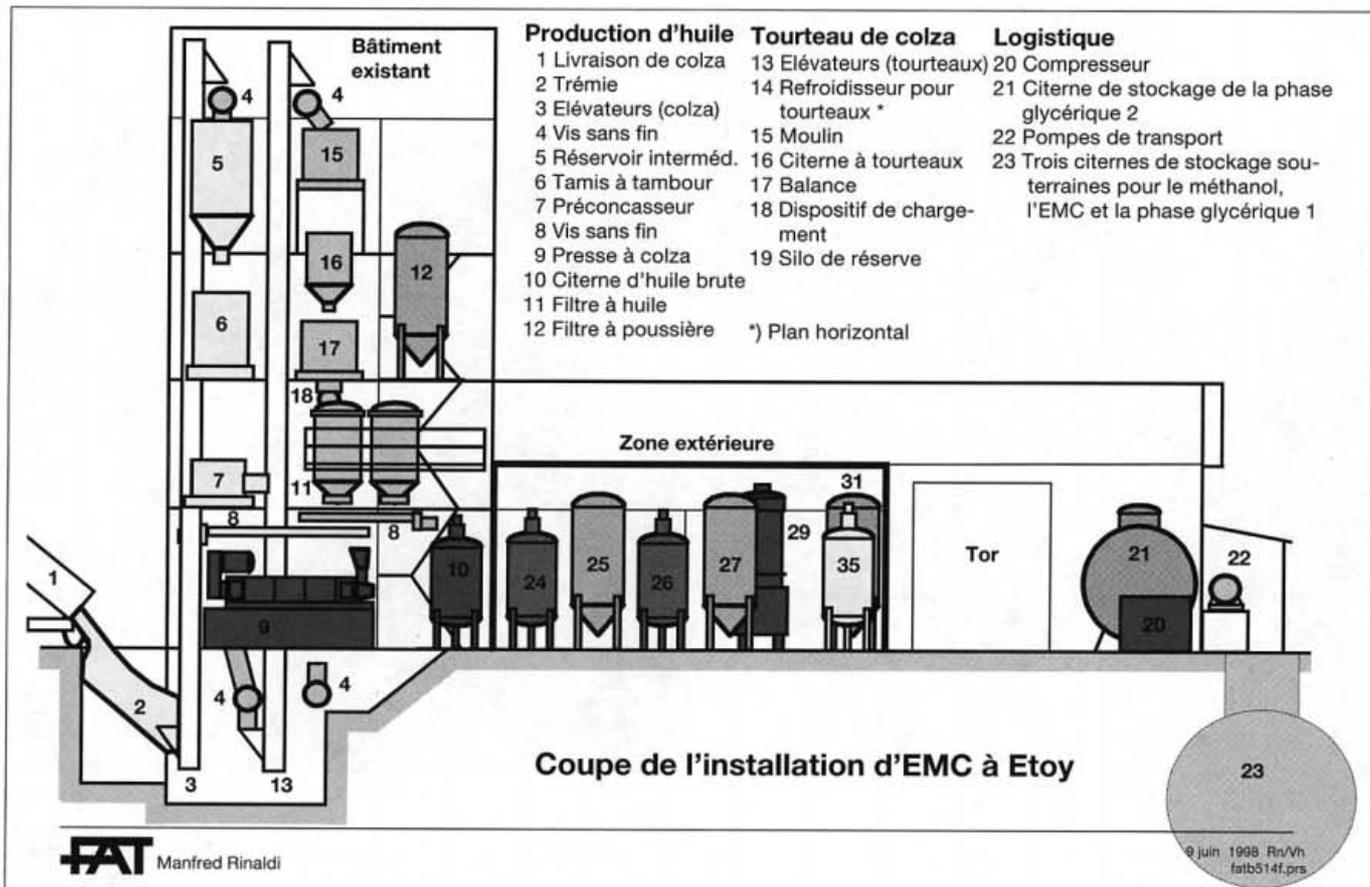


Fig. 2. Coupe de l'installation EMC à Etoy.

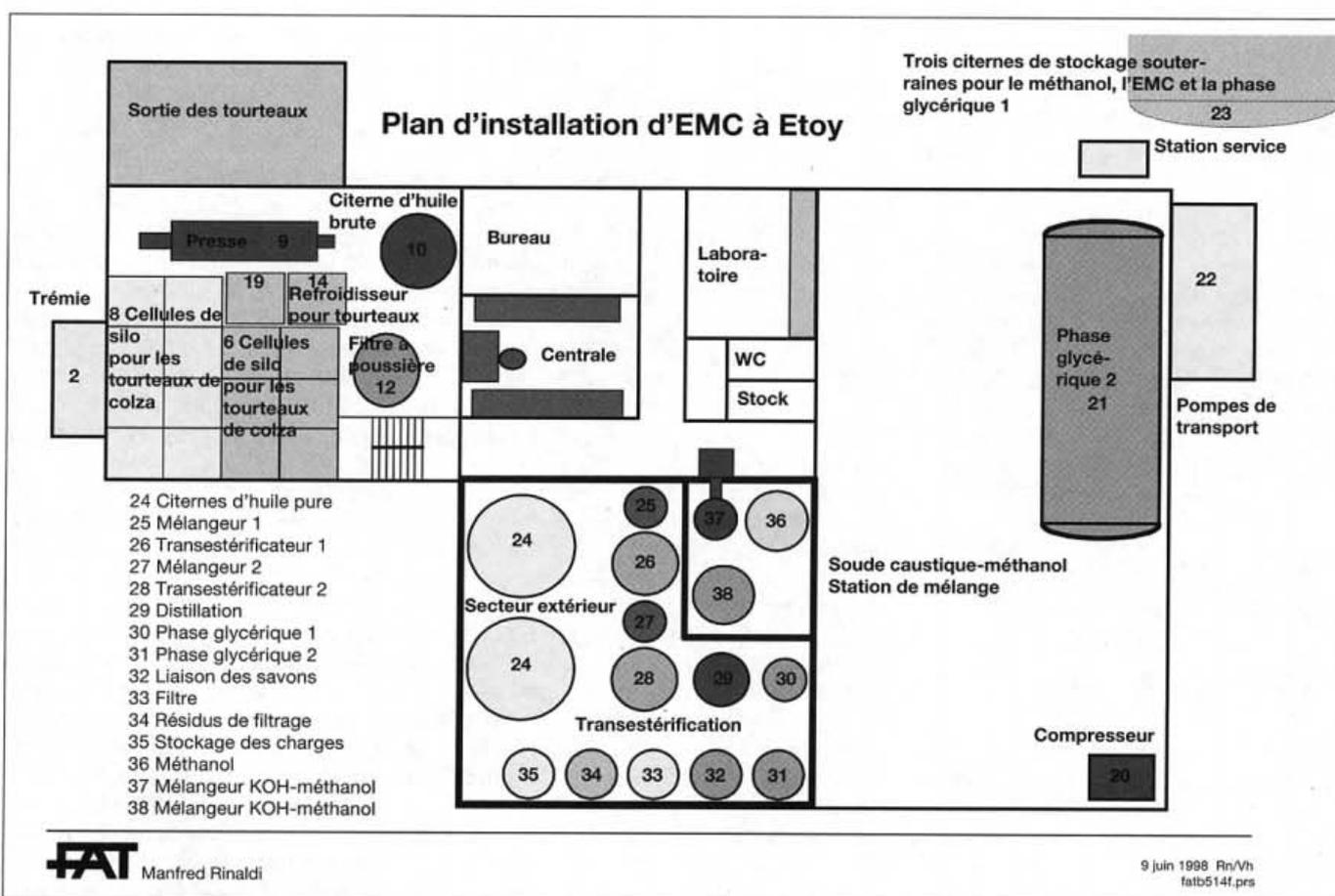


Fig. 3. Plan de l'installation EMC à Etoy.

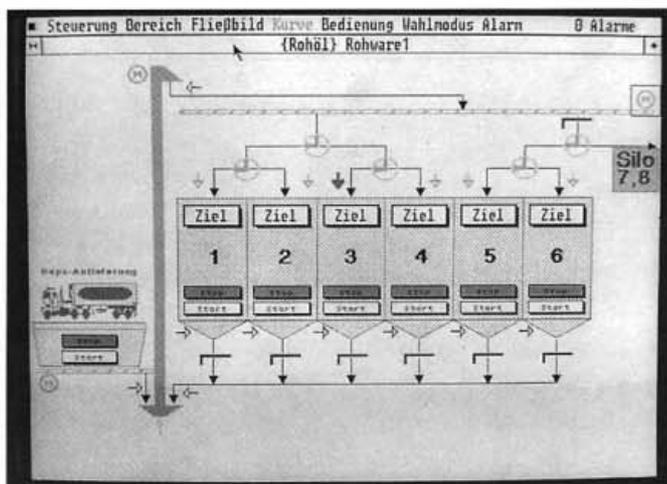


Fig. 6. Commande automatique du processus: livraison et installation d'ensilage de colza.

Dans l'ancienne halle de stockage, on a construit une zone à l'épreuve des explosions. Elle contient l'installation de transestérification, laboratoire et locaux annexes compris.

Trois réservoirs souterrains servent au stockage du méthanol, de l'EMC et de la phase glycérique 1 (fig. 4). Sur le silo, on a installé deux trémies de réception couvertes pour les graines de colza et une station de chargement pour les tourteaux de colza.

Les pompes et les raccords pour la livraison d'EMC et des phases glycériques se trouvent à gauche à l'entrée de la halle de stockage et sont facilement accessibles.

L'installation est bien située pour le transport, à peine à cent mètres de la gare CFF d'Ettoy. En voiture, l'installation est également facile d'accès depuis l'autoroute Lausanne-Genève, sortie Aubonne.

Description du fonctionnement

Production d'huile

La production d'huile commence au niveau de la trémie de réception des graines de colza (pos. 2 dans les fig. 2 et 3). Les graines sont ensuite réparties dans les huit cellules du silo (fig. 6) via un toboggan basculant, un élévateur (3) et une vis sans fin (4). La capa-

cité totale de stockage est de 100 t, ce qui suffit pour cinq jours.

Les graines de colza sont acheminées des différentes cellules du silo vers la presse, mais passent d'abord dans un réservoir intermédiaire (5) via la vis sans fin placée sous les cellules du silo (4), l'élévateur (3) et une autre vis sans fin. Le réservoir intermédiaire est pourvu de capteurs de niveau et commande les installations de convoyage placées en amont. Depuis le réservoir intermédiaire, les graines de colza passent par un tamis à tambour (6). Les impuretés ainsi recueillies sont ensuite vendues à un moulin à fourrage. Puis les graines passent dans un séparateur magnétique, qui retient et élimine tous les éléments métalliques. Après un passage dans un préconcas-seur (7) prévu pour simplifier le processus de pressage, les graines arrivent enfin dans la presse via des vis sans fin (8) (pos. 9 dans les figures 2 et 3 et fig. 7). A l'issue de ce processus, on obtient d'une part de l'huile de colza brute (fig. 8) et d'autre part des tourteaux de colza.

L'huile de colza brute est pompée dans un réservoir tampon (10) d'où elle est envoyée dans deux stations de filtrage automatiques (pos. 11 dans les fig. 2 et 3 et fig. 9) qui éliminent tous les dépôts de l'huile de colza.

Les dépôts sont renvoyés dans la presse et finissent dans les tourteaux. L'huile purifiée est pompée dans la

zone de transestérification à l'épreuve des explosions, où elle est stockée temporairement dans deux réservoirs tampons (24).

La poussière qui se dégage lors de la production d'huile est aspirée par air, évacuée dans un séparateur à cyclone et collectée dans un container.

Tourteaux de colza

Les tourteaux obtenus lors de la fabrication d'huile constituent un important sous-produit, et un aliment de qualité pour les bovins et les porcs. Les plaques de tourteau, de la taille de la paume de la main, produites par la presse à colza (9) arrivent dans le refroidisseur (14) via la vis sans fin (4) et l'élévateur (13).

Le tourteau de colza est ensuite envoyé dans un moulin (pos. 15 dans fig. 2 et 3 et fig. 10) puis dans un silo réservoir (19) d'une capacité de 10 t. Les étapes de «refroidissement» et de «broyage» sont nécessaires pour l'amélioration des capacités de stockage et d'utilisation. Pour le stockage intermédiaire, on dispose encore de six autres cellules d'une capacité totale de 75 t. Si nécessaire, les tourteaux de colza peuvent être transportés depuis les cellules dans un camion en passant par une balance (pos. 16, 17 sur les fig. 2 et 3 et fig. 11) et un dispositif de convoyage (18) (fig. 12).

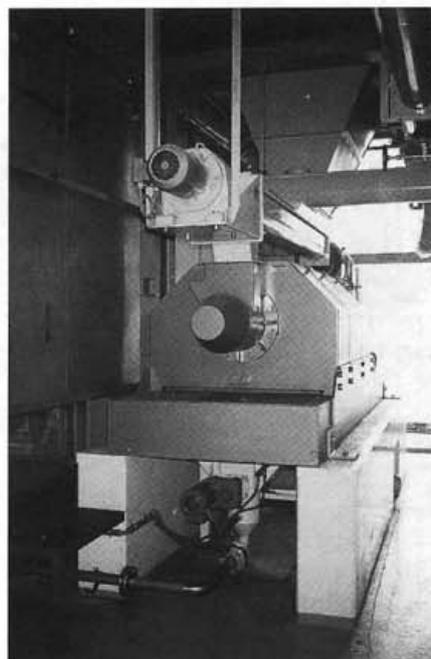


Fig. 7. Presse à vis pour la production d'huile, au-dessus vis d'amenée pour les graines de colza.

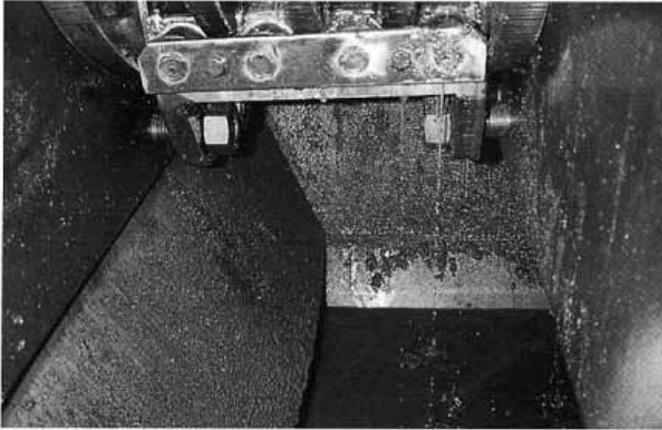


Fig. 8. L'huile brute coule de la presse.

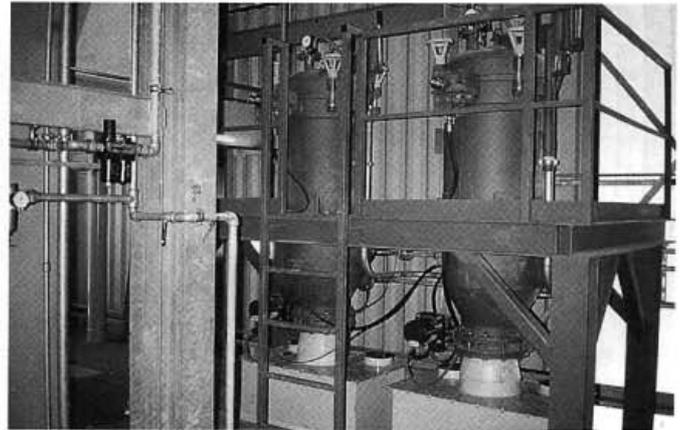


Fig. 9. Installation de filtration automatique pour la purification de l'huile.

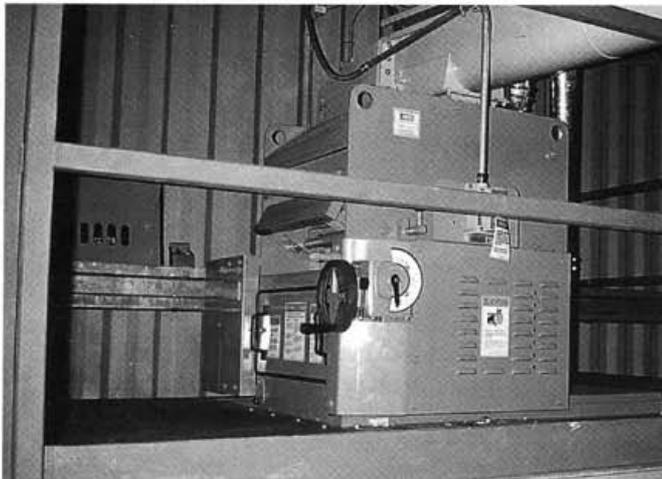


Fig. 10. Moulin à broyer les tourteaux de colza.

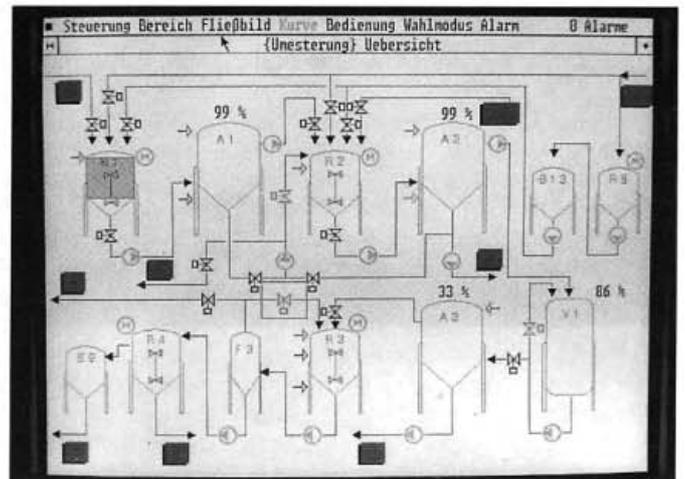


Fig. 13. Commande automatique du processus: transestérification.

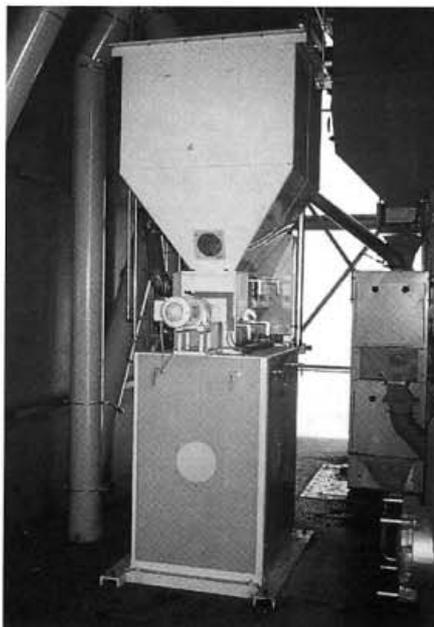


Fig. 11. Balance automatique pour le chargement des tourteaux (à l'avant) et tamis à tambour pour nettoyer le colza avant le broyage (à l'arrière).



Fig. 12. Chargement des tourteaux.

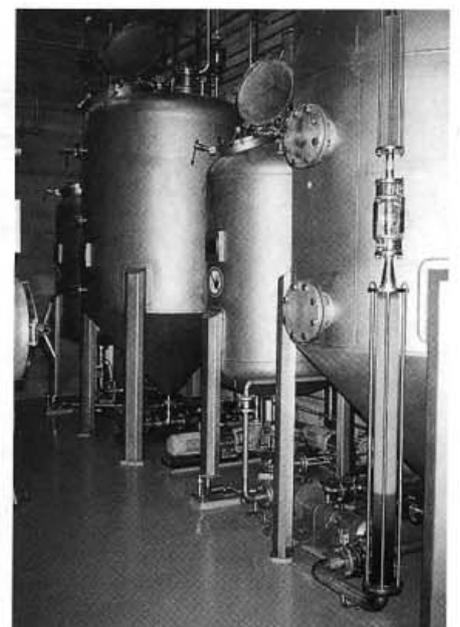


Fig. 15. Citernes de transestérification.



Fig. 14.
Station de mélange de la soude caustique.

Zone de transestérification

Le secteur de transestérification a été installé dans une zone à l'épreuve des explosions à cause de la présence éventuelle de vapeurs de méthanol. Le processus chimique dont le principe est simple prend des proportions considérables aux dimensions industrielles. L'installation – tout comme la production d'huile – est gérée et contrôlée électroniquement par la centrale (fig. 13). Toutes les soupapes fonctionnent à l'air comprimé, produit par un compresseur (20). La seule activité manuelle consiste à préparer et remplir la station de mélange de soude caustique (fig. 14). La photo 15 représente deux citernes de transestérification et

de décantation. La figure 16 représente elle l'évaporateur utilisé pour séparer l'EMC du méthanol et de l'eau. Après le filtrage, l'EMC, produit fini, est stocké provisoirement dans les citernes souterraines placées devant l'installation (fig. 4). Il est prêt à être transporté chez les clients.

Les phases glycériques 1 et 2 qui résultent de la transestérification sont collectées dans des citernes séparées. La phase 1 contient env. 60% de glycérine pure et peut être vendue pour la purification. La phase 2 est une solution aqueuse contenant encore un peu de glycérine, de sciure, de savon et d'impuretés. Elle est épandue dans les champs par les membres de la coopérative.

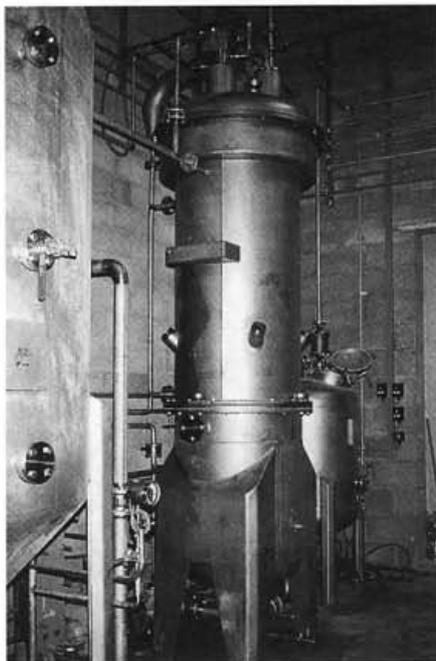


Fig. 16. Evaporateur.

Description du processus de transestérification

Pour la transestérification de l'huile de colza en ester méthylique de colza, il faut non seulement de l'huile de colza mais aussi de la soude caustique, du méthanol, de l'eau, de l'énergie électrique et de la sciure.

Le méthanol est stocké dans une des citernes souterraines (23). La soude caustique (KOH) se présente sous forme de chips solides et est livrée par sacs sur des palettes. Une dose quotidienne de méthanol est pompée dans la citerne de stockage (36) au moyen de la pompe de transport (22). La solution potassique est versée dans le mélangeur (37) à travers une trémie (fig. 14). Ce dernier doit être re-

froidi à l'eau, étant donné que le processus de dissolution libère beaucoup d'énergie. Le mélange une fois achevé est stocké dans une citerne (38).

Le processus de transestérification proprement dit commence dans un mélangeur placé sur une balance (25). Les différents composants, huile de colza, mélange KOH – méthanol et eau, sont pesés dans le respect des proportions et mélangés intensivement à l'aide d'un brasseur. La transestérification s'effectue à température ambiante et à la pression atmosphérique. Une première séparation de l'ester méthylique de colza et de la phase glycérique 1 a lieu dans la citerne de décantation (26). Pour que la transestérification soit complète, les étapes précédentes sont répétées dans le mélangeur (27) et la citerne de décantation (pos. 28 dans les fig. 2 et 3 et fig. 15). La phase glycérique 1 ainsi obtenue est stockée dans une des citernes extérieures souterraines après un stockage intermédiaire (30).

L'EMC doit encore être débarrassé de l'eau, des restes de méthanol, des savons et des impuretés qu'il contient. L'évaporateur chauffé électriquement élimine l'eau et les résidus de méthanol (pos. 29 sur la fig. 2 et 3 sur la fig. 16). Le produit distillé est ensuite acheminé vers la citerne de stockage (21) via le tank (31) sous forme de phase glycérique 2. Le mélangeur (32) brasse l'EMC avec de la sciure de bois. Les savons présents dans l'EMC se fixent sur les particules de bois. Le biodiesel en tant que produit fini est ensuite obtenu par filtration (33). Les résidus qui se déposent dans le filtre gagnent la citerne de stockage (21) sous forme de phase glycérique 2 via le tank (34).

Le produit fini, stocké dans la citerne (35) est acheminé vers une des citernes extérieures souterraines après le contrôle final. Il est enfin prêt à être utilisé comme carburant pour moteur diesel.

Tableau 1. Spécifications techniques de l'installation

| No | Paramètre | Dimension | 10 mois | par 1000 l d'EMC | par t. de colza |
|----|---|----------------|-----------|------------------|-----------------|
| 1 | Données de production pour dix mois | | | | |
| 2 | Graines de colza | 10 kg | 4 853 000 | 2 695 | 1 000 |
| 3 | Biodiesel EMC | l | 1 801 000 | 1 000 | 371 |
| 4 | Tourteaux de colza | kg | 3 013 000 | 1 673 | 621 |
| 5 | Phase glycérique 1 | kg | 265 000 | 147 | 55 |
| 6 | Phase glycérique 2 | l | 180 000 | 100 | 37 |
| 7 | Dépenses en dix mois | | | | |
| 8 | Charge de travail (deux personnes) | h | 3 356 | 1,9 | 0,7 |
| 9 | Heures de fonctionnement des machines | h | 5 710 | 3,2 | 1,2 |
| 10 | Puissance électrique max. | kW | 86 | 0,0 | 0,0 |
| 11 | Degré de démarrage max. | % | 44 | | |
| 12 | Energie électrique | kWh | 436 280 | 242,2 | 89,9 |
| 13 | Eau | m ³ | 4 052 | 2,2 | 0,8 |
| 14 | Méthanol | kg | 248 000 | 137,7 | 51,1 |
| 15 | Soude caustique | kg | 25 400 | 14,1 | 5,2 |
| 16 | Données relatives à l'installation | | | | |
| 17 | Puissance électrique installée | kW | 196 | | |
| 18 | Machines et installations, masse | t | 123 | | |
| 19 | Surface occupée par la production d'huile | m ² | 408 | | |
| 20 | Volume occupé par la production d'huile | m ³ | 1 497 | | |
| 21 | Surface occupée par la transestérification | m ² | 109 | | |
| 22 | Volume occupé par la transestérification | m ³ | 546 | | |
| 23 | Surface occupée par les bureaux et le laboratoire | m ² | 100 | | |
| 24 | Volume occupé par les bureaux et le laboratoire | m ³ | 300 | | |
| 25 | Surface occupée par les stock de KOH | m ² | 100 | | |
| 26 | Volume occupé par le stock de KOH | m ³ | 200 | | |
| 27 | Surface occupée par le stock couvert | m ² | 204 | | |
| 28 | Volume occupé par le stock couvert | m ³ | 1 224 | | |
| 29 | Surface occupée par la réception du colza | m ² | 54 | | |
| 30 | Volume occupé par la réception du colza | m ³ | 324 | | |
| 31 | Surface occupée par le transport des tourteaux | m ² | 55 | | |
| 32 | Volume occupé par le transport des tourteaux | m ³ | 331 | | |
| 33 | Superficie totale des bâtiments | m ² | 1 030 | | |
| 34 | Volume total des bâtiments | m ³ | 4 422 | | |
| 35 | Citerne de stockage EMC | m ³ | 220 | | |
| 36 | Citerne de stockage phase glycérique 1 | m ³ | 75 | | |
| 37 | Citerne de stockage phase glycérique 2 | m ³ | 30 | | |
| 38 | Citerne de stockage méthanol | m ³ | 35 | | |

Résultats

Si l'on considère comme limites du système la trémie de réception des graines de colza et le pistolet distributeur de la station service, pour l'ensemble du processus de traitement, l'installation ne consomme que 0,242 kWh (0,871 MJ) d'énergie électrique par litre d'EMC (tab. 1). Pour produire 9,2 kWh (33,1 MJ) par litre d'EMC, cette consommation de 0,25 kWh (0,9 MJ) pour un litre d'EMC ne représente que 2,7% de la valeur calorifique du produit. L'installation travaille avec un taux d'efficacité mécanique très satisfaisant de 97,3%. Il faut cependant savoir que ce chiffre ne prend pas en compte les processus en amont, tels que la culture du colza, la mise en place de l'installation ainsi que les processus en aval, tels que le transport, etc. Le taux d'efficacité calculé de l'installation, soit $= 1 - 0,25/9,2 = 0,973$ porte exclusivement sur l'énergie consommée lors de la transformation des graines de colza en EMC par rapport à la teneur énergétique de l'EMC.

Selon le tableau 2, durant la période d'observation, l'installation a transformé 4853 tonnes de graines de colza en 3013 tonnes de tourteaux de colza et en 1589 tonnes de biodiesel (avec une densité de 882,5 g/l, cela représente 1,801 millions de litres). Pour la production, on a utilisé 248 tonnes de méthanol, 25,4 tonnes de soude caustique et 4052 mètres cubes d'eau. Parallèlement 445 tonnes de phase glycérique ont également été produites, dont 265 tonnes de phase 1 destinée à la vente.

L'installation transforme 850 kg de graines de colza en 528 kg de tourteaux de colza et en 278 kg (ou 315 l) de biodiesel par heure.

Le rapport final du projet «Evaluation des matières premières renouvelables en Suisse» [3] et le compte-rendu de la FAT N°46 [4] comprend une évaluation complète de l'EMC en tant que matière première renouvelable.

L'évaluation globale comporte plusieurs indicateurs. L'EMC s'avère favorable sur le plan de l'épuisement des ressources énergétiques, le bilan énergétique absolu est déjà positif. En ce qui concerne les autres indicateurs, comme l'effet de serre, l'acidification,

Tableau 2. Flux des matières lors de la transestérification

| Production d'huile et transestérification | Heures de fonctionnement en dix mois: 5710 | | |
|---|--|----------------|---------------|
| | % | t. par 10 mois | kg/h |
| Colza | 100,0 | 4853 | 849,9 |
| Tourteaux | 62,1 | 3013 | 527,7 |
| Huile pure | 37,9 | 1840 | 322,2 |
| | | | |
| Huile pure | 100,0 | 1840 | 322,2 |
| Méthanol | 13,5 | 248 | 43,4 |
| Soude caustique | 1,4 | 25 | 4,4 |
| Eau | 220,2 | 4052 | 709,6 |
| Total | 335,1 | 6165 | 1079,8 |
| | | | |
| Huile pure | 100,8 | 1840 | 322,2 |
| EMC | 86,4 | 1589 | 278,4 |
| Phase glycérique | 24,2 | 445 | 77,9 |
| | | | |
| Phase glycérique | 100,0 | 445 | 77,9 |
| Phase glycérique 1 | 59,6 | 265 | 46,4 |
| Phase glycérique 2 | 40,4 | 180 | 31,5 |

Les frais d'investissement élevés sont liés en partie à l'installation entièrement automatique, gérée par ordinateur, dont le fonctionnement est particulièrement confortable et qui exige peu d'interventions manuelles. Il s'avère que le processus chimique de transestérification, simple en principe, est relativement onéreux et requiert des installations coûteuses et complexes lorsque qu'il est exploité rationnellement et à grande échelle. Il existe encore des points qui pourront être rationalisés à l'avenir.

Du point de vue de l'agriculteur, si l'on compare ce processus à l'utilisation du colza industriel pour la fabrication d'huiles lubrifiantes (tab. 5), le résultat n'est pas favorable à l'EMC. Les coûts de transestérification de Fr. 0.20 par kg de colza, ou de Fr. 0.54 par l de biodiesel sont encore trop élevés. Une meilleure rentabilisation de l'exploitation pourrait être utile. Une baisse du coût à Fr. 0.17 au lieu de 0.20 par kg de colza transformé permettrait déjà d'atteindre une situation semblable à celle de la fabrication des huiles lubrifiantes.

la toxicité, etc., l'évaluation dépend principalement du scénario de comparaison et n'est réellement négative que pour la toxicité pour l'eau et le sol en raison des résidus de métaux lourds et de pesticides. Dans l'ensemble, les impacts sur l'environnement sont très variables. L'appréciation des impacts environnementaux est en premier lieu une question sociale qui ne peut pas être réglée uniquement à l'échelle scientifique [5].

Pour garantir la qualité du biodiesel produit, des échantillons de carburant ont été envoyés à l'Institut fédéral d'essai des matériaux (EMPA) à Dübendorf le 14 août 1996 et le 24 janvier 1997 pour y être analysés. Il a été constaté que les deux échantillons correspondaient largement aux exigences énoncées dans la norme ÖNORM C 1190 et la norme DIN V 51 606 et convenaient pour les moteurs diesel modernes (tab. 3). Il faut mentionner tout spécialement le taux de méthanol résiduel qui peut à peine être identifié et le taux assez bas de glycérine totale. Ces deux paramètres prouvent que la transestérification est

irréprochable. La température limite de filtrabilité (CFPP) de moins 13 à moins 15 °C montre que l'EMC n'est pas très bien adapté aux conditions hivernales, ce qui s'explique cependant par ses propriétés chimiques.

Pendant la période d'observation de dix mois, le résultat financier de la comptabilité d'Eco Energie Etoy est équilibré (tab. 4). L'exploitation est organisée de telle manière que les fournisseurs de graines de colza sont membres de la coopérative. Les graines de colza, les tourteaux et l'EMC restent toujours la propriété des différents membres de la coopérative. Les fournisseurs de colza payent à la coopérative le coût de la transformation. Le déficit de l'exploitation est quasiment compensé par ces paiements.

Lorsque les frais de fonctionnement sont entièrement couverts, la fabrication d'un litre d'EMC revient à Fr. 0.54, dont Fr. 0.20 de coûts variables. Les 63% de frais fixes sont dus aux importants frais d'investissement. C'est pourquoi il est important que l'exploitation fonctionne à pleine capacité.

Tableau 3. Valeurs de l'EMC produit selon les normes et les analyses

| Propriété | Unité | Valeurs limites selon ÖNORM C 1190 | | | Valeurs limites selon DIN V 51 606 | | | Valeurs d'analyses d'Etoy | |
|--|--------------------|------------------------------------|-------|---|------------------------------------|-------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| | | Min. | Max. | Procédure de test | Min. | Max. | Procédure de test | 14.8.96 | 14.8.96 |
| Densité à 15 °C | g/ml | 0,860 | 0,900 | DIN 51757 | 0,875 | 0,900 | ASTM D 4052 | 0,8823 | 0,8826 |
| Viscosité climatique à 20/40 °C | mm ² /s | 6,5 | 9,0 | 20 °C/ ISO 3104+3105 | 3,5 | 5,0 | 40 °C/ ISO 3104 | 4,43 | 4,42 |
| Point d'inflammation | °C | 55 | | ÖNORM C 1122 | 100 | | ISO 2719 | 169 | 131 |
| Filtrabilité/comportement au froid CFPP | °C | | -8 | ÖNORM EN 116 | | | DIN EN 116 | -13 | -15 |
| du 15.04. au 30.09 | °C | | | | | 0 | | | |
| du 01.10 au 15.11 | °C | | | | | -10 | | | |
| du 16.11 au 28.02 | °C | | | | | -20 | | | |
| du 01.03 au 14.04 | °C | | | | | -10 | | | |
| Teneur en soufre | Masse en % | | 0,02 | ÖNORM EN 41 | | 0,01 | ISO 8754 | 0,019 | 0,015 |
| Résidu de coke d'après Conradson | Masse en % | | 0,1 | DIN 51551 | | 0,3** | EN ISO 10370 | 0,5 | 0,9 |
| Facilité d'inflammation (indice de cétane) | | 48 | | ISO 5165 | 49 | | ISO 5165 | 50,4 | 48,7 |
| Cendres sulfatées / cendres | Masse en % | | 0,02 | ÖNORM C 1134 | | 0,01 | EN ISO 6245 | 0,001 | 0,004 |
| Teneur en eau | mg/kg | | | * | | 300 | ASTM D 1744 | 560 | 340 |
| Impuretés totales | mg/kg | | | * | | 20 | DIN 51419 | 9 | 54 |
| Effet corrosif sur le cuivre | | | | * | | 1 | ISO 2160 | 1 | 1 |
| Stabilité à l'oxydation (VA, D, SA, TOP) | | indiqué | | * | indiqué | | IP 306 | | |
| Indice de neutralisation | mg KOH/g | | 1,0 | ÖNORM C 1146 | | 0,5 | DIN 51558 1 ^{ère} partie | < 0,03 | < 0,03 |
| Teneur en méthanol | Masse en % | | 0,3 | Chromatographe pour phase gazeuse | | 0,3 | * | < 0,1 | < 0,1 |
| Monoglycéride | Masse en % | | | * | | 0,8 | * | | |
| Diglycéride | Masse en % | | | * | | 0,1 | * | | |
| Triglycéride | Masse en % | | | * | | 0,1 | * | | |
| Glycérine libre | Masse en % | | 0,03 | Détermination enzymatique | | 0,02 | * | 0,08 | 0,008 |
| Glycérine totale | Masse en % | | 0,25 | Détermination enzymatique | | 0,25 | * | 0,171 | 0,179 |
| Indice d'iode | g d'iode/100 g | | | * | | 115 | DIN 51558 1 ^{ère} partie | | |
| Teneur en phosphore | mg/kg | | | * | | 10 | ICP | < 0,5 | 1 |

* Doit encore être normalisé

** D'un résidu de distillation de 10 pour-cent volumétrique après distillation à pression réduite à 1,33 Pa (=1,33*10⁻² mbar)

Rapports FAT no 514: Esters d'huiles végétales suisses utilisées comme carburant

Tableau 4. Données économiques relatives au fonctionnement de l'installation de novembre 1996 à fin juin 1997

| No | Indications générales | | Valeurs réelles 1996/1997 |
|----|---|--------|---------------------------|
| 1 | Valeur des bâtiments (valeur à neuf, terrain compris) | Fr. | 1 260 000 |
| 2 | Valeur des citernes (valeur à neuf, montage compris) | Fr. | 365 000 |
| 3 | Valeur de l'installation de transestérification (valeur à neuf) | Fr. | 2 415 000 |
| 4 | Personnel | Nbre | 2 |
| 5 | Durée de fonctionnement des machines | h | 5 710 |
| 6 | Chiffre d'affaires en t. de colza | t | 4 853 |
| 7 | Chiffre d'affaires en t. d'EMC | l | 1 801 000 |
| 8 | Chiffre d'affaires en t. de tourteaux | t | 3 013 |
| 9 | Chiffre d'affaires en t. de phase glycérique | t | 265 |
| 10 | Rendement de l'exploitation | | |
| 11 | Rendement provenant des ventes de phases glycériques | Fr. | 19 720 |
| 12 | Rendement provenant des transports | Fr. | 226 095 |
| 13 | Rendement net de l'exploitation | | 245 815 |
| 14 | Coûts variables | | |
| 15 | Stockage (location) | Fr. | 248 165 |
| 16 | Transports de colza | Fr. | 63 542 |
| 17 | Transports d'EMC | Fr. | 72 040 |
| 18 | Courant électrique | Fr. | 81 148 |
| 19 | Eau | Fr. | 2 836 |
| 20 | Méthanol | Fr. | 99 200 |
| 21 | Soude caustique | Fr. | 28 700 |
| 22 | Analyses et produits chimiques | Fr. | 4 000 |
| 23 | Eaux usées | Fr. | 1 260 |
| 24 | Entretien et réparations des machines | Fr. | 5 500 |
| 25 | Total des frais variables | Fr. | 60 6391 |
| 26 | Frais fixes | | |
| 27 | Salaires y comp. charges sociales et frais | Fr. | 130 000 |
| 28 | Amortissement calculé sur les machines | Fr. | 278 000 |
| 29 | Amortissement calculé sur les propriétés foncières | Fr. | 50 400 |
| 30 | Amortissement calculé sur les frais de fondation | Fr. | 5 000 |
| 31 | Intérêts calculés sur les actifs circulants | Fr. | 55 000 |
| 32 | Intérêts calculés sur les immobilisations | Fr. | 42 550 |
| 33 | Assurances | Fr. | 4 750 |
| 34 | Frais administratifs divers | Fr. | 40 000 |
| 35 | Total des frais fixes | Fr. | 605 700 |
| 36 | Total des frais | Fr. | 1 212 091 |
| 37 | Résultat d'exploitation | Fr. | -966 276 |
| 38 | Produit de la transestérification | Fr. | 965 350 |
| 39 | Coûts de production 1996/1997 | | Coûts globaux |
| 40 | La transformation d'1 kg de colza coûte*: | Fr./kg | 0,20 |
| 41 | La production d'1 l d'EMC coûte*: | Fr./l | 0,54 |
| | *) Ne pas cumuler | | |
| 42 | Coûts de production 1996/1997 | | Coûts marginaux |
| 43 | La transformation d'1 kg de colza coûte*: | Fr./kg | 0,07 |
| 44 | La production d'1 l d'EMC coûte*: | Fr./l | 0,20 |
| | *) Ne pas cumuler | | |

Tableau 5. Comparaison entre la fabrication d'huiles de lubrification et celle de carburant

| | Fr./kg Fr./l | Fr. |
|---|-----------------|------------|
| Variante A: | | |
| Vente d'1 ha de colza industriel 3000 kg | 0,35*) | 1050 |
| Variante B: | | |
| Transestérification d'1 ha de colza industriel 3000 kg | 0,20 | -600 |
| Contient 32,7% d'EMC 1113 l | 0,57 *)1 | 634 |
| Contient 62,1% de concentrés 1863 kg | 0,50 *) | 932 |
| Total | | 966 |

*) Valeurs tirées de la littérature [3], page 154

1) Le prix par litre d'EMC se calcule à partir du prix équivalent diesel: prix du diesel (grosses quantités franco ferme) moins remboursement (moyenne des chiffres totaux CH par litre) multiplié par un facteur de conversion (pour la même puissance, on consomme plus d'EMC que de diesel)

Bibliographie

- [1] Wolfensberger U., Stalder E., Schiess I., 1993. Ester méthylique de colza comme carburant pour moteurs diesel. La technique actuelle permettrait une introduction à court terme. Rapport FAT 427, Tänikon
- [2] Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG und Novamont SpA, 1992. Produktion von Raps-Methyl-Ester in der Schweiz. Vorstudie zuhanden der Bundesämter für Energiewirtschaft und Landwirtschaft
- [3] Wolfensberger U., Dinkel F., 1997. Beurteilung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz in den Jahren 1993–1996. Vergleichende Betrachtungen von Produkten aus ausgewählten nachwachsenden Rohstoffen und entsprechenden konventionellen Produkten bezüglich Umweltwirkungen und Wirtschaftlichkeit. Im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft.
- [4] Gaillard G., Crettaz P., Hausheer J., 1997. Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. FAT-Schriftenreihe Nr. 46. FAT Tänikon
- [5] Gaillard G., 1997. Ökobilanz der Biodieselproduktion, Vortrag, gehalten an der Informationstagung Landtechnik, 14.–16.10.1997, FAT Tänikon