

Zeitschrift: Technique agricole Suisse
Herausgeber: Technique agricole Suisse
Band: 55 (1993)
Heft: 3

Artikel: Ester méthylique de colza comme carburant pour moteurs diesel : La technique actuelle permettrait une introduction à court terme
Autor: Wolfensberger, Ulrich / Stadler, Edwin / Schiess, Isidor
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1084762>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ester méthylique de colza comme carburant pour moteurs diesel

La technique actuelle permettrait une introduction à court terme

Ulrich Wolfensberger, Edwin Stadler et Isidor Schiess, Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT), CH-8356 Tänikon TG

L'utilisation des surfaces libérées en agriculture pour produire des matières premières renouvelables et destinées à l'approvisionnement énergétique représente une alternative censée contribuer à freiner l'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. L'huile de colza estérifiée, appelée également ester méthylique de colza (EMC), peut être utilisée comme carburant pour alimenter les moteurs diesel

traditionnels. Cependant, l'aspect financier n'est pas très encourageant. De nombreuses mesures ont été effectuées en banc d'essai sur des moteurs de tracteurs et de véhicules utilitaires afin de fournir des bases de décision techniques. Deux tracteurs furent utilisés dans la pratique durant trois ans ainsi que cinq bus de transport public pendant un an. Les moteurs ont atteint des valeurs d'émission convenables sans

pertes de puissance, avec toutefois une augmentation de la consommation de 10%. Les émissions de fumée noire ont particulièrement diminué. La projection de particules n'a diminué de manière efficace qu'après avoir monté un catalyseur, ce qui ne pose pas de problème réel, vu l'absence de soufre dans l'EMC. Ce dernier produit toutefois plus d'oxyde d'azote et le catalyseur est incapable d'en réduire la quantité.

Il reste encore à résoudre le problème du démarrage à froid; celui des matériaux adéquats pour les tuyaux à carburant, le vernis et le revêtement intérieur des réservoirs à carburant étant déjà résolu. Les mauvaises odeurs persistantes des gaz d'échappement sont également supprimées par le catalyseur.



Fig. 1: Une nouvelle possibilité d'utilisation du colza se profile-t-elle à l'horizon?

Sommaire:	Page
Problème	22
Dispositif d'essai	22
L'huile de colza comme carburant	23
Résultats	25
Mesures en banc d'essai	25
Essais pratiques	27
Bilan énergétique et cycle du CO ₂	30
Coûts	31
Bibliographie	31

Problème

En 1900, Rudolf Diesel, l'inventeur du moteur diesel, était contraint à utiliser de l'huile végétale pour pallier principalement à la mauvaise disponibilité des carburants fossiles. Aujourd'hui, il y a à nouveau de bonnes raisons d'envisager l'emploi de matières premières renouvelables comme sources d'énergie.

- La stagnation de la consommation, liée à l'augmentation des rendements agricoles, aura pour conséquence une libération de surfaces productives qui, selon les experts, s'élèvera ces prochaines années à environ 80 000 ha en Suisse. Pour compléter l'introduction de formes de production extensives et l'implantation des surfaces de compensation écologiques, on pourrait produire des matières premières renouvelables sur une partie de ces terres.
- Tout le monde sait que, pour gigantesques qu'ils soient encore, les gisements pétroliers n'en sont pas moins limités. Il convient donc d'étudier toutes les possibilités offertes par les énergies renouvelables.
- La dépendance politique vis-à-vis des pays producteurs de pétrole

n'est pas toujours sans poser certains problèmes. Chaque pas en direction d'une diminution de cette dépendance est souhaitable.

- L'état dans lequel se trouve notre environnement est préoccupant; spécialement l'effet de serre, dont la cause réside vraisemblablement à plus de 50 % dans l'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Il convient donc d'accorder une attention des plus critiques à l'égard des émissions provoquées par les sources d'énergies alternatives.

Ce projet doit montrer si l'utilisation de l'EMC comme carburant est techniquement réalisable sans problème, quelles difficultés apparaissent et comment elles peuvent être résolues. Pour cela, il était très important d'effectuer ses propres expériences. L'utilisation de l'EMC pour les bus citadins avait pour but, entre autres, de se faire une idée de sa tolérance en milieu urbain. Finalement, les résultats de ce projet forment une base de données permettant de prendre une décision politique en ce qui concerne l'encouragement de la culture de colza et donc, si possible, de déterminer le développement de tout ce qui touche aux sources de matières premières renouvelables.

Dispositif d'essai

Les essais portant sur la technique des moteurs ont été effectués sur les véhicules suivants:

Tracteur SAME Explorer 65 avec un moteur 4 cylindres à refroidissement à air et 3,6 litres de cylindrée, injection directe, puissance nominale 48 kW à 2350 min⁻¹

Tracteur STEYR 8055 avec moteur 3 cylindres à refroidissement à eau et 2,6 l de cylindrée, injection directe, puissance nominale 35 kW à 2400 min⁻¹

Tracteur JOHN DEERE 2250 avec moteur 4 cylindres à refroidissement à eau et 3,9 l de cylindrée, injection di-

recte, puissance nominale 46 kW à 2300 min⁻¹

BUS MERCEDES BENZ O 405 N à deux essieux et plate-forme surbaissée avec moteur d'aspiration couché 6 cylindres à refroidissement à eau et 12 l de cylindrée, injection directe, puissance nominale 177 kW à 2200 min⁻¹ (OM 447 h-II).

Les échantillons prélevés sur chaque livraison d'EMC en provenance d'Autriche et d'Italie ont été analysés par le laboratoire de l'EMPA. L'institut de biochimie de l'université de Berne a déterminé la composition des acides gras de chaque échantillon d'EMC en provenance d'Autriche ou d'Italie par chromatographie en phase gazeuse. La détermination de la biodégradabilité selon CEC L-33-T-82 a été effectuée dans les laboratoires de l'EMPA.

Termes techniques:

EMC

Ester méthylique de colza, appelé biodiesel.

Moteur Elsbett

Moteur diesel de conception spéciale mis au point par Monsieur Elsbett pour l'utilisation d'huile de colza à l'état naturel en guise de carburant.

Transestérification

Processus chimique permettant de diviser les grandes chaînes moléculaires d'acides gras en de plus petites au moyen d'alcool monovalent.

OE V 2

Ordonnance sur les émissions de gaz d'échappement des voitures automobiles lourdes.

OCE

Ordonnance sur la construction et l'équipement des véhicules routiers.

CO

Monoxyde de carbone, gaz toxique et inodore.

CO₂

Dioxyde de carbone, gaz inoffensif, mais qui constitue une des causes de l'effet de serre.

HC

Terme général pour les liaisons gazeuses de carbone et d'oxygène incombustibles dans les gaz d'échappement.

NO_x

Oxydes d'azote: monoxyde d'azote (NO) et principalement dioxyde d'azote (NO₂), un gaz toxique à l'odeur âpre.

Particule

Toutes les matières contenues dans les gaz d'échappement et qui sont recueillies et filtrées au moyen d'un filtre spécifique à 52°C (comprennent aussi des gouttelettes de liquides).

Particule insoluble: principalement carbone de graphite (= suie), sulfates, nitrates, eau.

Particule soluble: oxydes de carbone d'un degré supérieur incombustibles issus du carburant et de l'huile de lubrification.

VBZ

Transports publics zurichois.

Essais réalisés	Installations d'essai
Mesures en banc d'essai sur tracteurs SAME, STEYR et JOHN DEERE avec du diesel et de l'EMC: courbe des résultats obtenus à pleine charge (puissance, consommation), fumée d'après l'OCE	Mesures à la prise de force avec frein de puissance Schenk à la FAT
Mesures des émissions (CO, HC, NOx) sur SAME, STEYR et JOHN DEERE avec du diesel et de l'EMC au moyen du test à 13 modes conformément à OEV 2 (ECE R 49) et au moyen du test à 5 modes pour tracteurs selon Logos/Welschhof	Mesures à la prise de force avec frein de puissance mobile à l'EMPA (anciens appareils de mesure d'émissions)
Utilisation dans la pratique des tracteurs STEYR et JOHN DEERE carburant à l'EMC pendant presque trois ans sur la ferme Haldenhof près de Frauenfeld (famille Weber)	Analyses de l'huile de lubrification du moteur par le laboratoire de l'EMPA
Mesures finales en banc d'essai sur STEYR et JOHN DEERE avec de l'EMC: courbe des résultats obtenus à pleine charge (puissance, consommation), fumée d'après l'OCE	Mesures à la prise de force avec frein de puissance Schenk à la FAT
Mesures en banc d'essai sur un moteur ELSBETT avec de l'huile de colza à l'état naturel et du diesel: puissance, consommation, fumée à pleine charge et émissions (CO, HC, NOx) au moyen du test à 13 modes conformément à OEV 2	Mesures des moteurs sur l'ancien banc d'essai de l'EMPA
Mesures en banc d'essai sur un moteur de bus MERCEDES avec du diesel et de l'EMC [4]: courbe des résultats obtenus à pleine charge (puissance, consommation), fumée conformément à l'OCE, ainsi que les émissions (CO, HC, NOx) au moyen du test à 13 modes conformément à OEV 2	Mesure des moteurs sur le nouveau banc d'essai de l'EMPA, mesure des particules au moyen du Smart Sampler AVL
Utilisation dans la pratique de cinq bus MERCEDES des VBZ carburant à l'EMC sur le trafic de ligne normal durant un an, 3 de ceux-ci étant équipés d'un catalyseur pendant 6 mois	Analyses de l'huile de lubrification du moteur par le laboratoire de l'EMPA
Essais en laboratoire à la FAT portant sur la résistance de quatre différents systèmes de vernis de la firme Trilacolor SA	Plaques échantillons frappés pendant 1'000 heures avec un tampon d'ouate imbibé
Essais en laboratoire portant sur la résistance de divers revêtements intérieurs de réservoirs par la firme Adisa Service SA	Pendant 1 an
Essais en laboratoire à la FAT portant sur la résistance de différents tuyaux en polymères	Echantillons à 20°C et 70°C (dans une armoire chauffante) dans un bain d'EMC durant 400 h

colza à l'état naturel (viscosité d'environ 70 à 100 mm²/s). Une huile aussi peu fluide ne peut pas être utilisée sans autre pour des moteurs diesel. Seuls les moteurs à chambre de précombustion, munis de grands cylindres [1], ou le moteur Elsbett à procédé de combustion duothermique [2] conviennent à l'huile de colza pure. Les mesures effectuées sur un moteur Elsbett 1,5 litre suralimenté ont donné des résultats remarquables, comparables à ceux d'un bon moteur diesel moderne, exception faite des valeurs de fumée dépassant largement les tolérances [3].

L'ester méthylique de colza (EMC) ou biodiesel

L'huile de colza doit subir une transformation chimique avant de pouvoir fonctionner comme carburant sur tous les moteurs diesel. Lors de cette opération que l'on nomme transestérification, on ajoute du méthanol à l'huile de colza. Les grandes molécules de triglycérides sont scindées chimiquement au moyen d'un élément catalyseur – en général la soude caustique – et de la chaleur (50 – 80 °C). Une molécule de méthanol se lie à chaque chaîne d'acide gras en se séparant de son groupe alcool, qui s'assemble à son tour à la glycérine. De cette façon, on obtient trois molécules d'ester méthylique de colza et une molécule de glycérine à partir d'une grande molécule d'huile de colza et de trois molécules d'éthanol. Cette transestérification permet d'abaisser considérablement la

L'huile de colza comme carburant

Il faut des moteurs spéciaux pour l'huile végétale à l'état pur

L'huile de colza, celle-la même que l'on utilise en cuisine, se compose de grandes molécules de triglycérides d'acides gras. Un alcool trivalent, en l'occurrence la glycérine, se lie à trois acides gras de 16 à 18 atomes de C, tels les acides palmitiques, stéariques, oléiques, linoléiques, etc. (fig.2). Ces grandes molécules sont à l'origine de la viscosité caractéristique de l'huile de

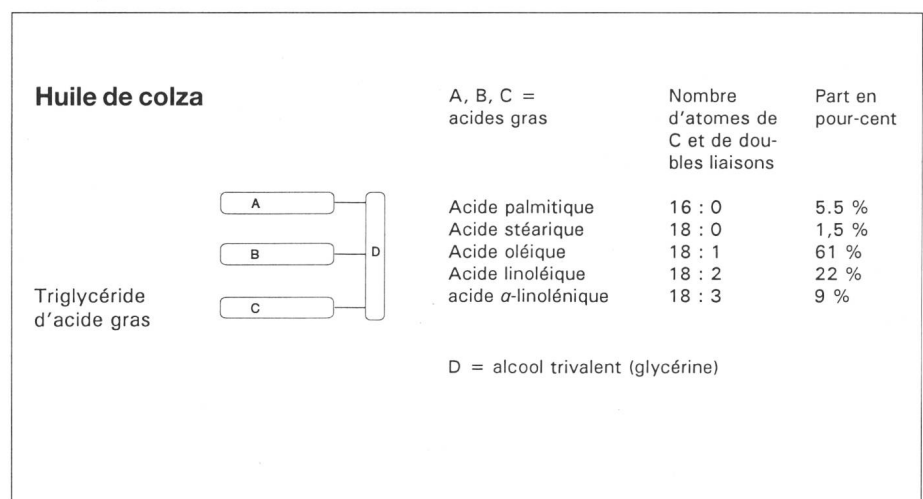


Fig. 2: Composition chimique de l'huile de colza.

Tableau 1: Caractéristiques des carburants (selon les analyses effectuées par l'EMPA)

		Diesel	EMC	Huile de colza
Densité à 15°C	kg/l	0,827	0,884	0,921
Viscosité à 20°C	mm ² /s	3,3	8,8	env. 100,0
Pouvoir calorifique	MJ/kg	42,8	37,3	36,9
Indice de cétane		48,7	49,3	39,7

viscosité et de faire passer simultanément l'indice de cétane – mesure de l'inflammabilité du carburant – au niveau des valeurs du carburant diesel. Le tableau 1 présente les caractéristiques importantes des différents carburants. Cet ester méthylique de colza (EMC) – appelé également biodiesel – peut être utilisé seul ou mélangé à volonté avec du carburant diesel pour n'importe quel moteur diesel.

Production

La surface de colza destiné à l'alimentation se monte actuellement en Suisse à 17 000 ha. En respectant les normes de rotation des cultures, on peut tout au plus doubler cette surface. Il y aurait ainsi 17'000 ha de colza à disposition pour la fabrication de carburant biodiesel suisse. A raison d'un rendement de 3000 kg à l'ha, on peut ob-

tenir 1300 l d'huile, ou 1375 litre/ha de biodiesel (fig.3). Il serait donc possible de produire en tout au moins 23 mio de litres d'huile, ce qui donne 20 000 t d'EMC, soit le 1,8% de la quantité de diesel consommé en 1990 (à titre de comparaison, l'agriculture en a utilisé environ 130 mio de l, les PTT 15 mio et les VBZ 4,3 mio).

Cette production laisse encore 1800 kg de tourteaux de colza en tant que sous-produits destinés à l'alimentation animale. La glycérine, autre sous-produit, peut servir de matière première pour l'industrie cosmétique et pharmaceutique, à condition toutefois de se présenter sous une forme très pure.

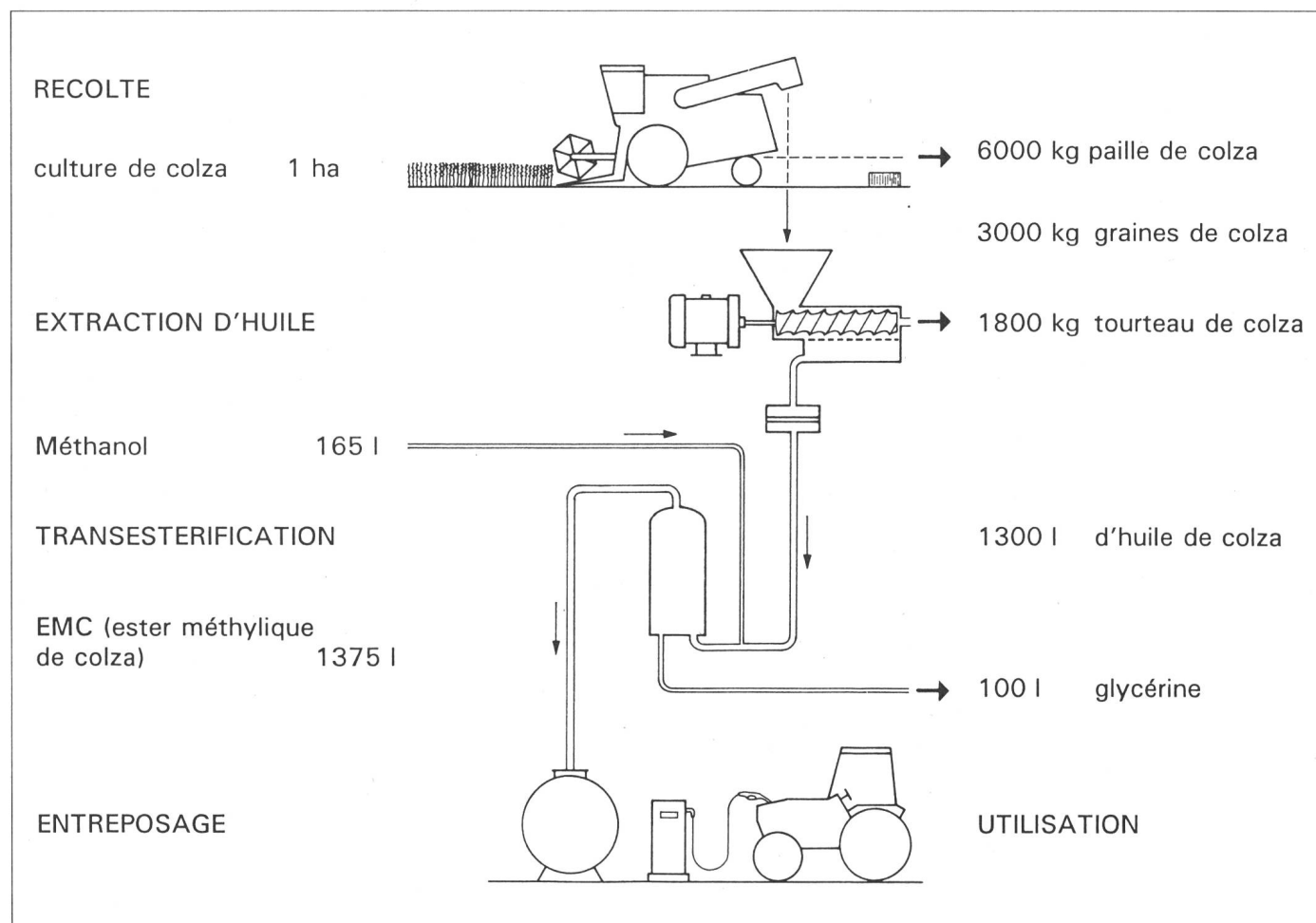


Fig. 3: Représentation schématique du procédé de fabrication du biodiesel et quantité produite par ha de colza.

Résultats

Mesures en banc d'essai

Consommation supérieure à puissance égale

La courbe des résultats obtenus à pleine charge a été effectuée pour chaque moteur sans modification de réglage avec du carburant diesel et de l'EMC. Les mesures ont été pratiquées une fois encore à la fin de l'essai sur les tracteurs STEYR et JOHN DEERE après environ trois ans d'utilisation dans la pratique. Le tableau 4 permet de constater que les différences de puissance ne sont pas significatives. Ainsi, on relève une diminution de puissance de 3% pour l'EMC comparé au diesel sur le moteur de bus. Les courbes de consommation du tableau 5 montrent uniformément l'augmentation gravimétrique de consommation de 12% obtenue avec l'EMC, ce qui correspond à peu près aux 12,9% de moins du pouvoir calorifique de l'EMC. On peut toutefois se demander comment cette augmentation de consommation est possible sans modification de réglage de la pompe à injection. Le volume injecté a été déterminé dans la pompe. Cependant, le pouvoir calorifique relatif au volume n'est que de 6,8% plus faible pour le biodiesel du fait de sa densité supérieure à celle du diesel. Le supplément de volume nécessaire à la compensation de ce manque d'énergie est causé par la viscosité plus élevée de l'EMC, puisque, dans la pompe à injection, les pertes dues au jeu des pistons sont réduites et que la pression d'alimentation s'amplifie.

La moitié moins de fumée noire

L'ordonnance sur la construction et l'équipement des véhicules routiers (OCE) limite les émissions de fumée des moteurs diesel et en prescrit les méthodes de mesure. La fumée noire doit être mesurée à pleine charge, à trois niveaux de régime imposés, au moyen de la méthode de filtration. La figure 6 montre l'amélioration impres-

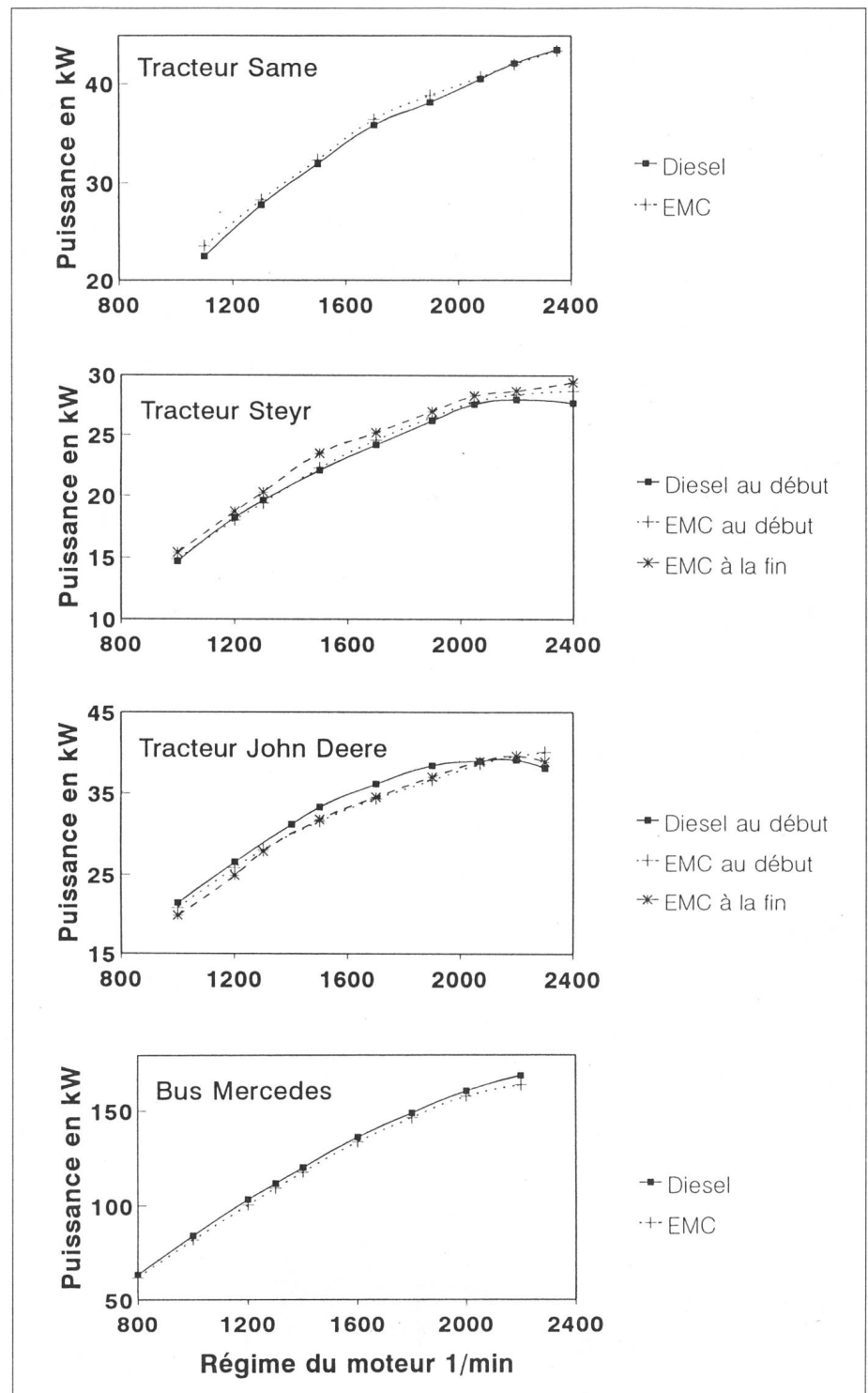


Fig. 4: Puissance du moteur au diesel et à l'EMC.

sionnante réalisée en matière d'émission de fumée noire avec l'EMC comparativement au carburant diesel, qui se traduit par une diminution de fumée de 14 à 65%, soit environ 50% en moyenne. On se trouve ainsi bien en-dessous des limites légales admises.

Faibles différences en ce qui concerne les émissions gazeuses

Afin de pouvoir les comparer, les émissions gazeuses de CO, de HC et de NO_x de tous les moteurs ont été mesurées selon l'Ordonnance sur les émissions gazeuses des véhicules lourds (OEV 2). Cela malgré le fait que les tracteurs ne

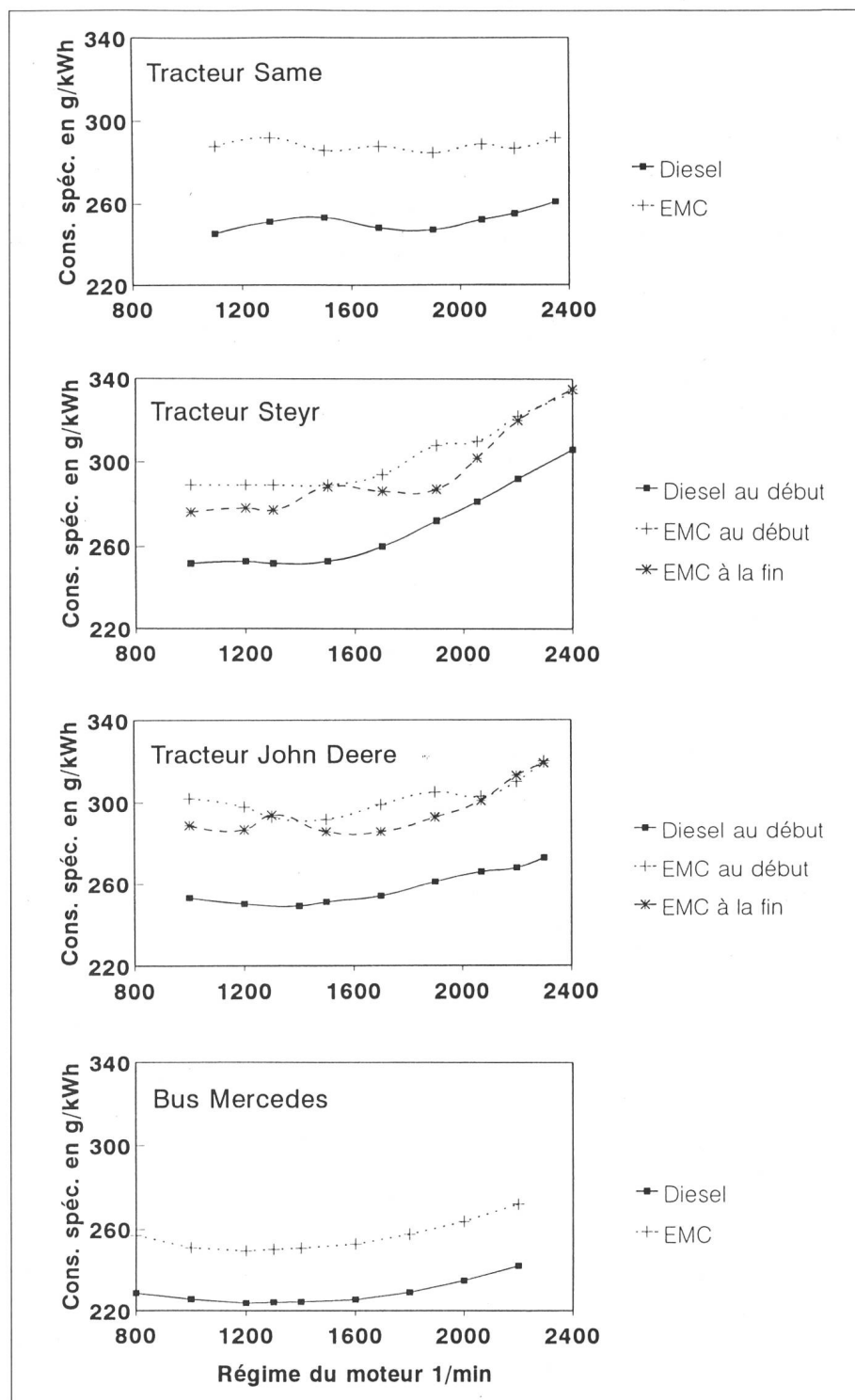


Fig. 5: Courbes de consommation à pleine charge avec du diesel et de l'EMC.

font pas l'objet de cette ordonnance et que les mesures imposées ne correspondent pas à leur champ caractéristique pratique du degré de charge. L'ordonnance en question prescrit le test à 13 modes, conformément au règlement international ECE R 49. Les variations relatives des composants des gaz d'échappement des

moteurs fonctionnant à l'EMC par rapport à ceux qui fonctionnent au diesel sont présentées au tableau 7. Apparemment, il semble que la construction et le fonctionnement du moteur aient plus d'influence sur les gaz d'échappement que le carburant. Les moteurs à l'EMC dégagent – à quelques exceptions près – moins de

CO et de HC, mais – sans exception – plus de NO_x. Le réglage du début de l'injection a permis de réduire notablement la teneur en NO_x, ce qui, toutefois, a eu pour conséquence une augmentation de la consommation de carburant et des émissions de particules et d'HC, avec le diesel comme avec l'EMC. Alimenté au biodiesel, le moteur du bus MERCEDES, par exemple, a réagi par une diminution de 27% de NO_x, une augmentation de 11% d'HC et de 1,7% de la consommation à un ajustage de 3° du début de l'injection.

Modification de la teneur en particules

Depuis le 1^{er} octobre 1991, l'OEV 2 contient également une limite en matière d'émissions de particules. Ces nouvelles mesures étaient intéressantes en regard de la méthode de mesure, ainsi que du comportement de l'EMC par rapport au diesel, bien que l'entrée en vigueur de cette norme ait eu lieu après la réalisation des mesures et que le moteur MERCEDES ait été testé depuis longtemps.

La notion de particule inclut toutes les matières contenues dans les gaz d'échappement susceptibles d'être collectées et pesées par un filtre déterminé, à la température de 52 °C. On distingue essentiellement les particules non solubles – poussières de carbone graphitique très fines (suie) – et, en partie y fixées, les particules solubles (hydrocarbures non brûlés provenant des carburants et des lubrifiants).

Les valeurs en matière de fumée étant très bonnes, nous étions en droit d'attendre également des résultats meilleurs concernant les teneurs en particules pour l'EMC. Nous fûmes très surpris de découvrir que les émissions de particules provoquées par l'EMC correspondaient à peu près à celles du diesel. Cependant, une analyse des particules a confirmé la présomption que le rapport entre les particules solubles et insolubles était totalement différent. Si l'on trouvait environ 10 – 15% de particules solubles pour le diesel, cette part approchait les 60 – 70% pour l'EMC. Le rapport des autres particules insolubles correspond à peu près au résultat connu des mesures de fumée.

Le «carburant à catalyseur»

La part de particules solubles, soit les hydrocarbures non brûlés, sont facilement dégradables par oxydation au moyen d'un catalyseur, de même que les hydrocarbures gazeux et le monoxyde de carbone. L'utilisation d'un catalyseur oxydant sur les moteurs diesel pose encore le problème de la formation indésirée d'acide sulfurique produit par l'oxydation du soufre contenu dans le carburant (actuellement encore jusqu'à 0,2%) et la vapeur d'eau. Ce genre de désagrément n'existe pas avec le biodiesel, puisqu'il ne contient pas de soufre! Les valeurs mesurées figurant au tableau 8 confirment que le biodiesel est un vrai «carburant à catalyseur»: le catalyseur réduit les émissions de CO et de HC au point qu'elles n'atteignent plus que le 10% de la norme admise. Il serait également possible d'atteindre ces valeurs avec le diesel, mais cela n'est pas réalisable dans la pratique, car cette opération fait plus que tripler les émissions de particules. Dans le cas du biodiesel, le catalyseur permet de réduire également de moitié l'émission de particules. En ce qui concerne les valeurs de NO_x, le catalyseur à oxydation n'a aucune influence.

La mise au point et la diffusion de carburant à faible teneur en soufre (S < 0,05%) a été très rapide en 1992, facilitant ainsi l'utilisation des catalyseurs. Grâce à ce carburant, la production de particules ne serait plus aussi élevée. La désulfuration exige toutefois des installations sophistiquées et grandes consommatrices d'énergie, qui renchérissent le carburant diesel de 3 à 5 ct/l.

Essais pratiques

Fonctionnement sans problème

L'utilisation des tracteurs JOHN DEERE et STEYR dans la pratique sur la ferme Haldenhof s'est déroulée pendant presque trois ans sans problème majeur, aucune entrave n'ayant affecté les travaux quotidiens.

La culasse, le carter d'huile et les injecteurs ont été démontés sur les deux tracteurs à la fin de la période d'essai. Sur le JOHN DEERE, un fin dépôt blanc-brunâtre n'apparaissant pas

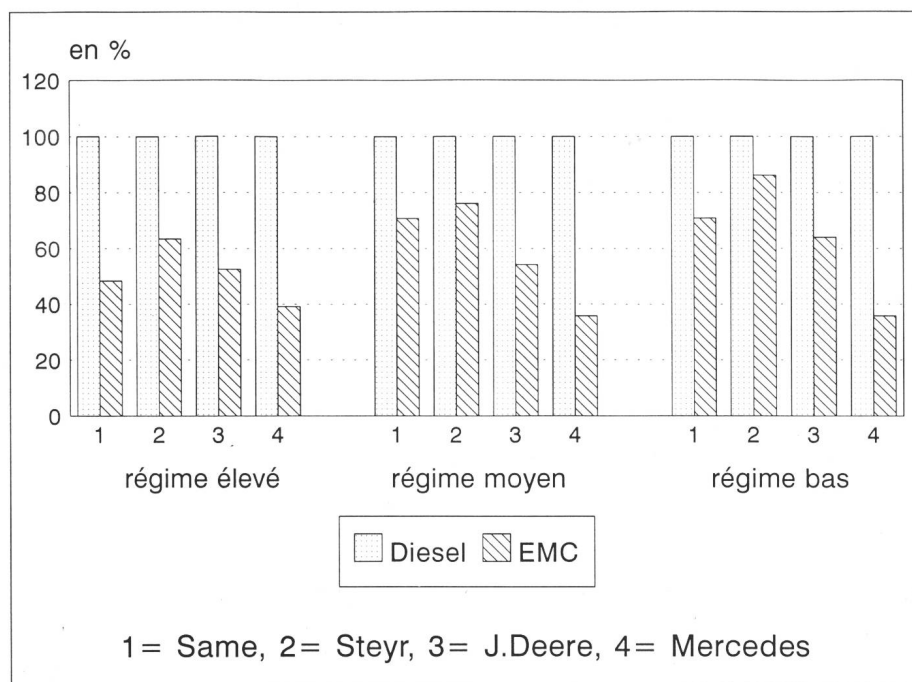


Fig. 6: Mesures de fumée à pleine charge selon l'OCE avec du diesel et de l'EMC.

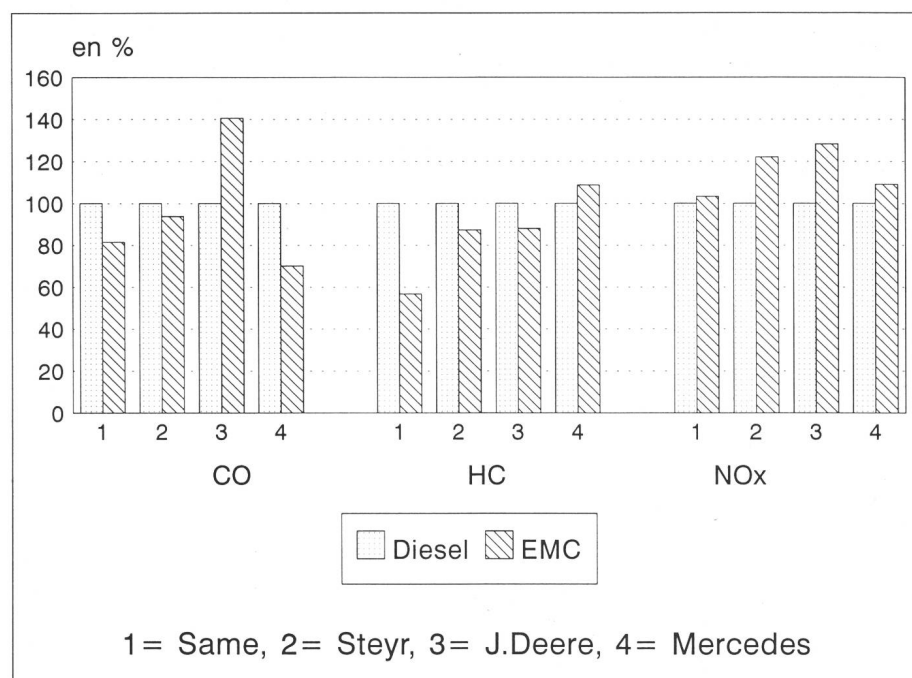


Fig. 7: Emissions gazeuses au cours du test à 13 modes avec du diesel et de l'EMC.

Tableau 2: Utilisation de tracteurs carburant à l'EMC dans la pratique

Tracteur	Heures de service	Consommation d'EMC	Litres/heure
JOHN DEERE	1'344 heures	5'561 litres	4,14
STEYR	820 heures	1'932 litres	2,36
Total	2'164 heures	7'493 litres	

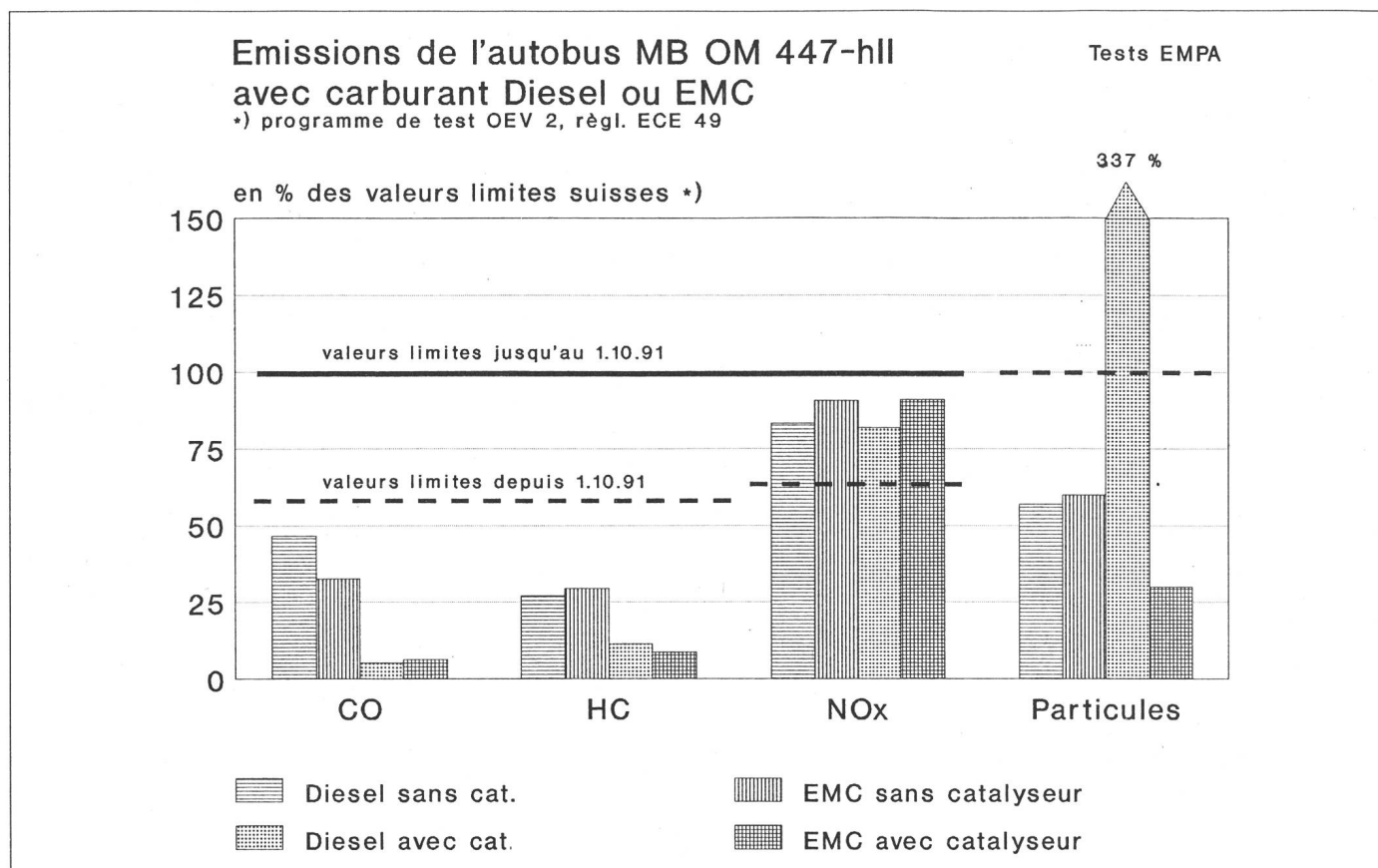


Fig. 8: Emissions du moteur de bus au cours du test à 13 modes avec et sans catalyseur avec du diesel et de l'EMC.

avec le diesel s'était fixé par endroits sur les têtes de piston et sur les culasses. Ce phénomène est également décrit dans un essai réalisé à l'étranger [1]. Il s'agit en fait de résidus de combustion anorganiques n'ayant pas eu d'incidence sur le fonctionnement du moteur jusqu'à ce jour. Aucun autre encrassement anormal ou usure ne furent à déplorer. En août 1991, quatre bus des transports publics de la ville de Zurich (VBZ) furent mis en service avec du biodiesel, le moteur du cinquième se trouvant encore en banc d'essai. Pour commencer, l'utilisation fut concentrée sur une ligne relativement courte avec des arrêts fréquents. Il y eut très bientôt de nombreuses réclamations portant sur les odeurs, raison pour laquelle on étendit leur utilisation à tout le réseau urbain de bus à plancher surbaissé. Un groupe de sept bus identiques fonctionnant au diesel servit de comparaison. Un bus articulé à moteur à turbocompresseur a fonctionné au biodiesel de novembre 1991 à mai 1992, car à cette époque, on ne disposait de catalyseurs que pour ce modèle. Le cinquième bus alimenté au biodiesel est également entré en service en mars 1992. Le démontage d'un moteur (bus n° 240) n'a donné lieu à aucune constatation

Tableau 3: Utilisation de bus alimentés à l'EMC dans la pratique

	Bus 238	Bus 239	Bus 240	Bus 241	Bus 242	Bus 573
15.8.91	Début (28472km) Ligne 768	Début (31094km) Ligne 75	Début (31349km) Ligne 75	Début (27747km) Ligne 75		
Oct. 91	Remplacement des tuyaux à carburant					
Oct. 91	Choix des lignes selon les besoins					
20.11.91						Début avec catalyseur (181724)
22.1.92			Essai de démarrage à froid			
29.1.92				Montage du catalyseur		
24.3.92					Début avec catalyseur (1986km)	
5.5.92			Montage du catalyseur			Fin de l'essai
Sept.92	Fin de l'essai					
km parcourus	46'695	58'939	58'985	58'456	24'364	27'740
EMC litres	20'871	27'632	27'688	26'961	11'504	16'104
Consommation l/100km	44,70	46,88	46,94	46,12	47,22	58,05
Total (sans bus 573)	247'439 km 114'658 l 46,34 l/100 km					

particulière. Les chemises de cylindre, les pistons, les culasses, les soupapes, les injecteurs etc. étaient très propres. Il n'y avait pas non plus traces des dépôts blancs brunâtres constatés sur le tracteur JOHN DEERE.

Faible dilution de l'huile

Habituellement, de très petites quantités de carburant s'écoulent dans l'huile de lubrification lors du fonctionnement des moteurs. Avec les carburants-traditionnels, les particules s'évaporent à la température de fonctionnement (leur point d'ébullition est bas), ce qui ne pose pas de problème en matière de dilution de l'huile. En revanche, on craignait des difficultés à cet égard, car le comportement d'ébullition de l'EMC à haute température est différent de celui du diesel.

Les analyses d'huile effectuées toutes les cinquante heures lors des essais pratiques avec les deux tracteurs avaient pour but de donner des informations à ce sujet. Le comportement de la viscosité et du TBN (Total Base Number = indice de base total) pendant trois, resp. quatre intervalles de vidange figure au tableau 9. La chute catastrophique des deux valeurs sur JOHN DEERE dans le troisième intervalle est due à une rupture de membrane de la pompe à carburant, ouvrant une voie directe à ce dernier dans l'huile du moteur. Une fois les dégâts réparés, tout est rentré dans l'ordre.

Sur les bus de la VBZ, le prélèvement des échantillons avait lieu tous les 7500 km, la vidange d'huile s'effectuant tous les 30 000 km. La figure 10 montre que la teneur en EMC n'a jamais dépassé 5% et que la viscosité de l'huile du moteur s'est stabilisée à environ 11,5 mm²/s. Ce comportement s'explique en partie par le fait qu'à une consommation de 0,7 l/1000 km, la quantité d'huile à rajouter entre deux vidanges correspond à peu près à un plein.

Comportement insatisfaisant au démarrage à froid

La douceur des températures régnant durant la période d'essai a quelque peu occulté les mauvaises caractéristiques de résistance à l'hiver des EMC, pourtant bien connues. Toujours est-il que

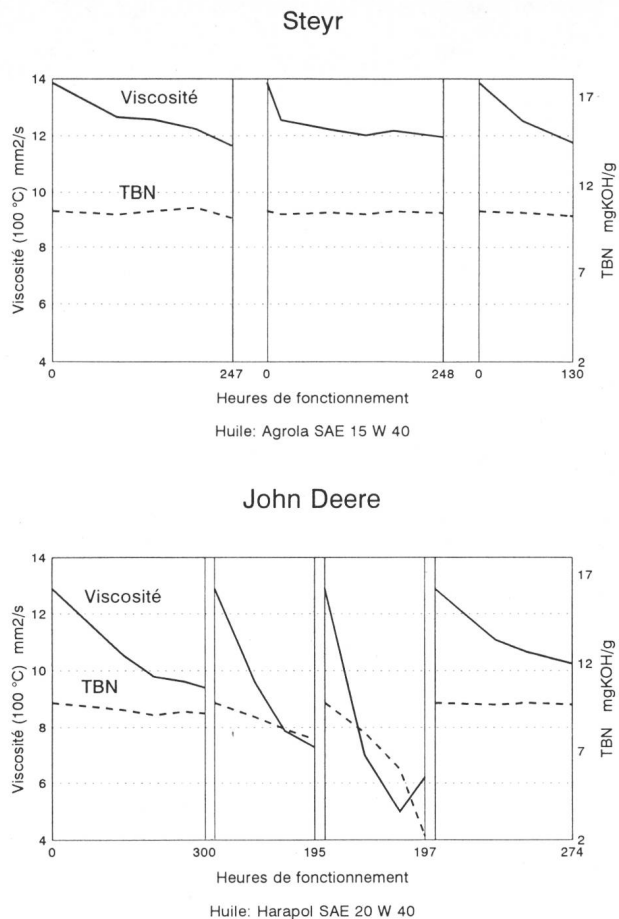


Fig. 9: Dilution de l'huile du moteur des tracteurs durant 3, resp. 4 intervalles de vidange.

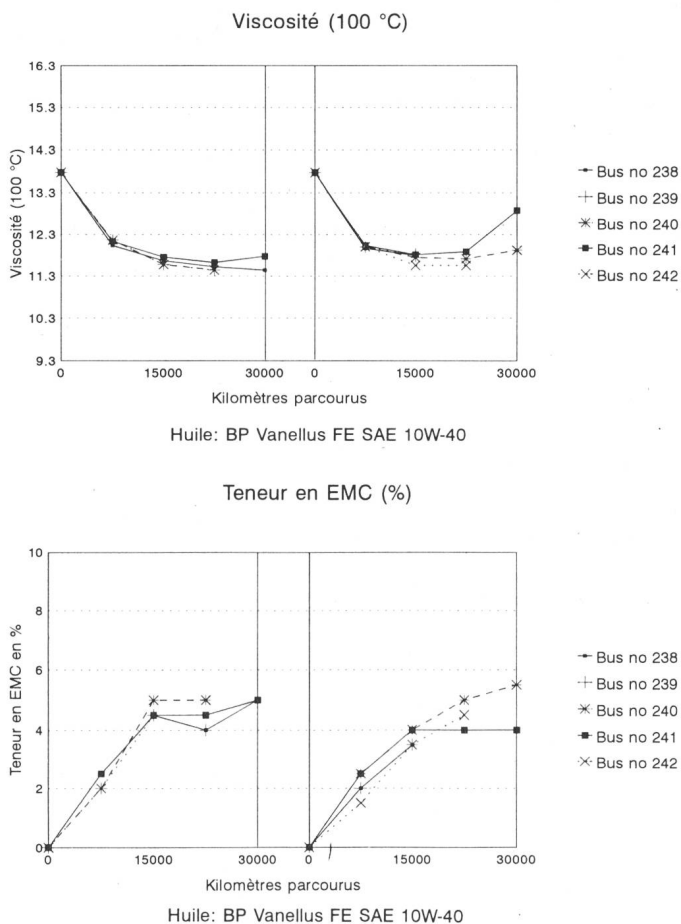


Fig. 10: Dilution de l'huile du moteur de cinq bus durant deux intervalles de vidange.

l'utilisation sur les tracteurs et sur les bus a confirmé qu'à des températures de -6 à -8 °C, lorsque les moteurs parvenaient à démarrer, ils s'arrêtaient bientôt par manque de carburant, suite à l'obstruction du filtre. A ce sujet, la limite de filtration est le paramètre le plus important déterminé en laboratoire. Celle-ci oscillait entre 7 et -15 °C pour tous les échantillons examinés et aucun additif n'est parvenu à la faire baisser jusqu'à ce jour.

L'agressivité du biodiesel

Les observations faites dans la pratique, au départ sur les bidons de carburant de la FAT et plus tard sur les tracteurs et les réservoirs à carburant temporaires de la VBZ, ont confirmé que usuels les vernis ne résistent pas au biodiesel. Les essais effectués sur quatre différents types de peinture ont clairement montré la faiblesse des vernis à un composant. En revanche, les vernis à deux composants se sont révélés résistants au biodiesel, particulièrement le 2-K PUR-Lack.

Les revêtements intérieurs usuels des réservoirs à diesel testés pendant une année, n'ont pas non plus résisté aux attaques et se sont dissous. Certains revêtements en polyester se sont ramollis et sont devenus gluants, mais les revêtements à base de résine époxy, utilisés également dans les réservoirs à benzine sans plomb, n'ont pas souffert de ce nouveau liquide.

Dans le cas des tracteurs, seul un tuyau à carburant, ayant pourtant tenu longtemps, a dû être remplacé. Dans le cas des bus, par contre, on a découvert très rapidement que les matières constituées de polymères ne résistaient pas à l'EMC. Cinq semaines déjà après le début de l'essai, tous les tuyaux à carburant devaient être remplacés sur les bus, du fait de la haute température (100 °C) régnant sous le capot des moteurs surbaissés. Par la suite, les tuyaux en téflon blindés (très coûteux) et aussi les tuyaux en caoutchouc fluoré (Viton) se sont révélés résistants. D'après les essais à hautes températures effectués en laboratoire, les polyamides (PA) résistent à l'EMC, le polyéthylène (PE) également jusqu'à un

certain point, mais pas le caoutchouc nitrile (NBR).

Il y a des solutions aux problèmes d'odeurs

Peu de temps après le début de l'essai avec les bus zurichois, la fréquence des plaintes concernant l'odeur des gaz d'échappement s'est intensifiée, particulièrement de la part des chauffeurs et du personnel d'atelier. La situation s'est rapidement aggravée et, sur demande, les bus ont dû être échangés ducant leur service, quelques chauffeurs se plaignaient de maux de tête et de nausées provoqués par l'odeur des gaz d'échappement. Il devenait urgent de trouver une solution, ce qui fut possible au moyen du catalyseur. On suspecte l'acroléine, composante des hydrocarbures incombustibles, mais dégradée par le catalyseur, d'être la cause principale de cette désagréable odeur d'huile. Le résultat de la mise en place du catalyseur fut manifeste: les chauffeurs trouvèrent la solution très positive et ne parvinrent plus à différencier les bus normaux de ceux fonctionnant

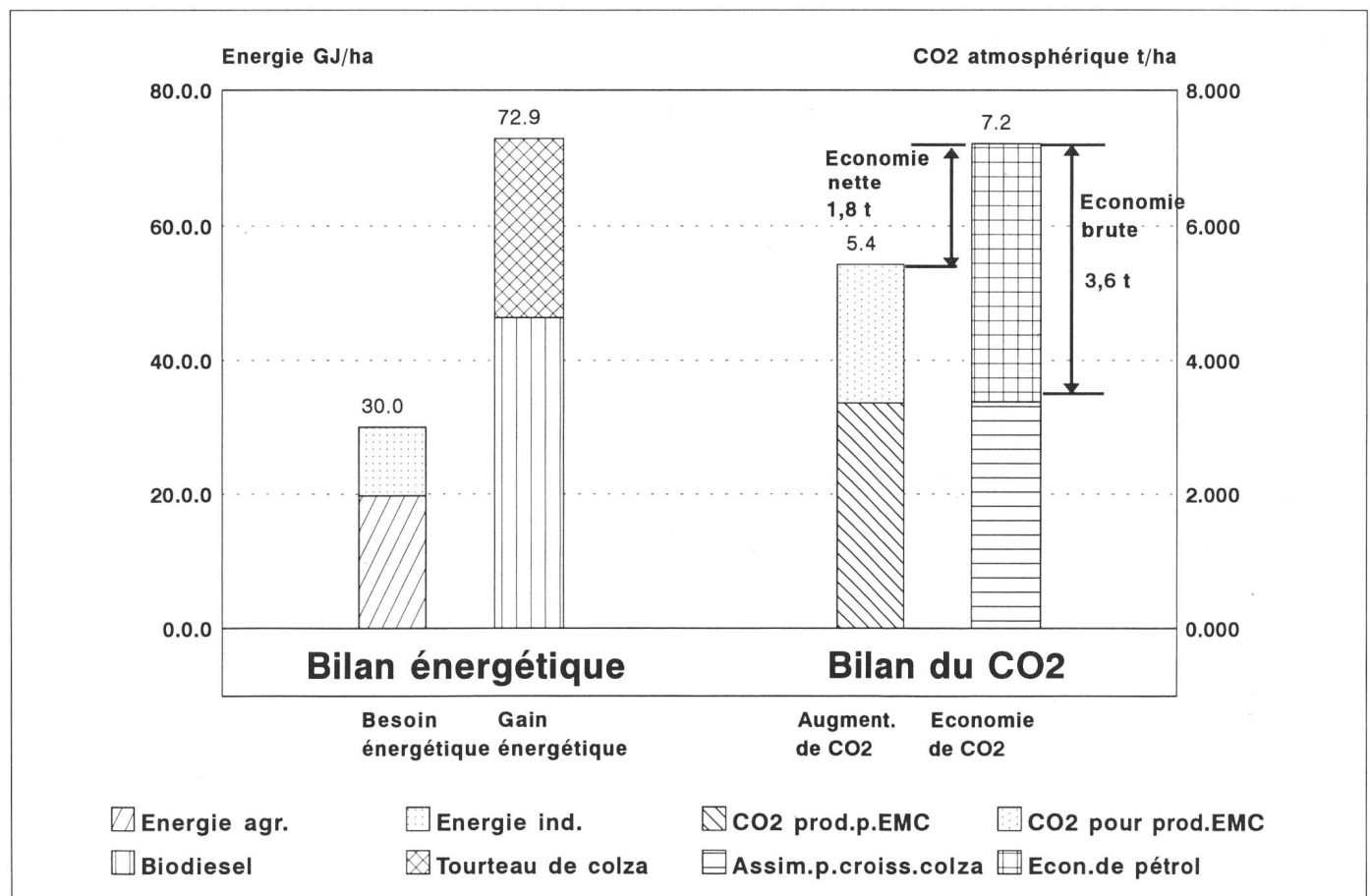


Fig. 11: Bilan énergétique et bilan du CO₂ du biodiesel.

au biodiesel. L'odeur persistait toute-fois le matin dans le garage, car, lorsque le moteur est froid, le catalyseur n'est pas efficace pendant une courte durée.

Bilan énergétique et cycle du CO₂

Le bilan énergétique de l'EMC utilisé comme carburant a été calculé à maintes reprises. Le travail de R. Studer et U. Wolfensberger en donne un compte-rendu détaillé [5]. Le tableau 11 présente le bilan énergétique calculé par la FAT, pour lequel on a tenu compte, sous la rubrique des besoins, de la production agricole dans son ensemble (y compris engrais et produits phytosanitaires), comme de la transformation industrielle, et sous la rubrique des gains, l'énergie du biodiesel, ainsi que celle contenue dans les tourteaux de colza et dans la glycérine. Le bilan énergétique est clairement positif dans toutes les variantes considérées; pour une unité dépensée, on obtient en moyenne deux unités et demi d'énergie nouvelle.

Le bilan du CO₂ est essentiellement basé sur celui de l'énergie. La quantité de CO₂ produite lors de la combustion de l'EMC est à nouveau complètement absorbée par la croissance de la plante, ce qui permet en fait à l'huile de colza de remplacer le pétrole et d'éviter la production de CO₂ engendrée par ce dernier. Il ne faut toutefois pas oublier que la production d'EMC nécessite également de l'énergie qui, lors de sa génération libère aussi du CO₂. L'économie nette en matière de dégagement de CO₂, calculée sur cette base, se monte à 1,8 t par ha de colza. Faute de colza, on cultiverait d'autres plantes sur cette surface, pour lesquelles il faudrait également dépenser de l'énergie qui libérerait à son tour du CO₂. En additionnant la quantité de CO₂ relative à cette culture à l'économie nette, on porte l'économie brute à environ 2 t de CO₂ par ha. Si l'on compare la production d'EMC avec celle d'huile alimentaire, l'économie brute se monte alors à 3,6 t par ha (fig.11).

Les coûts

La culture du colza est contingentée et subventionnée en Suisse. Le prix – actuellement de Fr. 2.05/kg de graines de colza – est fixé par la Confédération et n'est donc pas un prix du marché libre.

Pour l'EMC, les frais de production calculés sur cette base ne parviennent en aucun cas à concurrencer le prix du diesel. Si l'on veut établir une comparaison avec ce dernier, il convient d'utiliser le prix du colza sur le marché mondial qui s'élève à env. 27 ct/kg. En partant d'une production industrielle d'EMC de 20 000 t/année, on arrive à des coûts avoisinant les 90 à 95 ct/l d'EMC, déduction faite des gains réalisés sur les sous-produits. La réglementation concernant les carburants biogènes en vigueur dans la CE stipulant qu'au maximum 10% de l'impôt sur les carburants usuels seront prélevés, le biodiesel sera parfaitement concurrentiel, à plus forte raison si la surtaxe à la frontière de 20 ct par l de carburant fossile est introduite en 1993, comme cela a été proposé.

Du côté des producteurs, l'agriculteur réaliserait un revenu d'à peine Fr. 800.– par ha sur la base des 27 ct/kg de graine de colza au prix mondial. Si l'Etat accordait la même contribution à la surface pour les matières premières renouvelables que pour la jachère verte, le revenu à l'ha serait passé à Fr. 4600.– en 1992, donc moins que pour la production de colza à des fins alimentaires. Cependant, le budget agricole de la Confédération n'aurait pas été plus chargé qu'avec la jachère verte.

Pour ce calcul, nous avons estimé que la production d'EMC serait réalisée par une installation de transestérification d'une capacité d'environ 20 000 t/année, ce qui correspond à court terme aux 17 000 ha de production potentielle supplémentaire de colza en Suisse. La production d'EMC au moyen d'une plus petite installation industrielle, par exemple de la moitié de la capacité totale, et permettant une introduction progressive, augmenterait considérablement le prix. Les chances de pouvoir mettre sur pieds une production industrielle d'EMC se verraient ainsi fortement hypothéquées.

Il reste encore une possibilité de produire du biodiesel en Suisse en s'équipant de «petites unités de production», comme c'est déjà le cas en trois endroits d'Autriche. Réunis en coopératives d'une centaine de membres, les agriculteurs transforment 500 à 1000 t de colza par année dans une petite installation et utilisent leurs produits – biodiesel et tourteau de colza – sur leur propre exploitation agricole. L'absence de marge commerciale, de frais de

transport et d'entreposage générés par une grande unité de production compense ainsi plus ou moins les frais plus élevés de leur petite installation. Un tel calcul n'est envisageable pour notre agriculture que si les contributions à la surface sont aussi élevées que celles en vigueur pour la jachère verte. De plus, si l'on pouvait compter le carburant au prix à la colonne qui se monte à Fr. 1.04 à l'heure actuelle, ou même à Fr. 1.24 dès 1993, au lieu des 60 ct/l obtenus grâce à la remise sur les taxes douanières, l'agriculteur réaliserait alors un revenu à l'ha aussi élevé que celui calculé sur le modèle de la production dans une installation de transestérification industrielle.

Le succès de la production de biodiesel en Suisse dépend donc dans les deux cas – unité de production grande ou petite – de la garantie d'une contribution à la surface pour les matières premières renouvelables aussi importante que pour la jachère verte et des règles appliquées aux carburants biodiesels en matière de taxes douanières et d'impôts sur les carburants.

Bibliographie

- [1] Richter H., 1991. Experimentelle Untersuchung zur Nutzung von Pflanzenölen in Dieselmotoren. Abschlussbericht TV 8837 der Porsche AG im Auftrag des BMFT.
- [2] Elsbett L. et al, 1983. Alternative fuels on a small high speed turbocharged D.I. diesel engine. SAE Technical Paper Series 830556.
- [3] Wolfensberger U., Stalder E., Walther Th., 1991. Rapsöl für Dieselmotoren – motortechnischer Vergleich mit herkömmlichem Treibstoff. Landwirtschaft Schweiz, Band 4 (12).
- [4] Walther Th., 1992. Untersuchung des Emissionsverhaltens eines Nutzfahrzeugmotors bei Betrieb mit Rapsölmethylester. EMPA-Bericht Nr. 133439.
- [5] Studer R., Wolfensberger U., 1991. Biodiesel: bilan énergétique et bilan de CO₂ d'un carburant d'origine agricole. Revue suisse d'agriculture, Vol. 24 (1).
- [6] Elektrowatt/Novamont, 1992. Produktion von Rapsmethylester in der Schweiz, Vorstudie im Auftrag des BEW und BWL.