



## Institut Français des Huiles Végétales Pures

*L'huile végétale pure* **Végétole**®

# ENERGIE ET ENVIRONNEMENT

Pour tous renseignements sur le **Végétole**®, contacter :

Jacques LAMBERT

**INSTITUT FRANÇAIS DES HUILES VEGETALES PURES**

membre de l'EPPOA *European Pure Plant Oil Association*

Maison Départementale de l'Agriculture

271, rue de Péchabout – 47000 AGEN

mél : [institut.hvp@free.fr](mailto:institut.hvp@free.fr) Consultez et téléchargez depuis le site : <http://institut.hvp.free.fr>

Tél. 05.53.95.65.58 06.20.03.84.63

**Propriété exclusive de l'IFHVP. Copie et diffusion par tous moyens interdites sans autorisation écrite.**

## ENERGIE et ENVIRONNEMENT

### . LES FILIÈRES DE PRODUCTION DES BIOCARBURANTS :

Il existe plusieurs solutions de conversion des différents états de la "biomasse" (voir schéma du CLERC- juin 1992, en Annexes) : l'emploi direct de l'huile végétale pure ou *HVP Végétale*, *Gazuile*® est simple, opérationnel et local.

### . LE CARBURANT LE PLUS RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT :

. couche d'ozone : protectrice contre les ultraviolets en haute atmosphère, elle est atteinte par les chlorofluorocarbones (CFC) et les oxydes d'azote NO<sub>x</sub> (voir en Annexes la comparaison préliminaire des gaz à effet de serre - mars 1992).

. effet de serre : Les gaz à effet de serre sont nombreux : eau H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> qui contribue pour 1/3 à l'effet de serre naturel, méthane, CFC, NO<sub>x</sub>, ozone troposphérique O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, aérosols d' H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, etc. Leur accumulation est jugée responsable du réchauffement passé depuis 1800 et futur de notre planète. Cycle biogéochimique du CO<sub>2</sub> : article de Gérard Lambert n° spécial *La Recherche* p553 en Annexes). L'atmosphère est passée de 280 ppmv CO<sub>2</sub> en 1800 à 315 ppmv en 1958 puis 354 en 1990 (voir fig. 4 et 5 en Annexes *La Recherche* n°243 Mai 1992). Au rythme actuel, le doublement du taux actuel serait atteint vers 2100 (Keeling et al., in *Carbon dioxide review*, 1982 ;...). Selon la majorité des experts, l'augmentation des taux de gaz à effet de serre conduira à une augmentation de température qui pourrait atteindre **+1,5° à 5,2°C vers 2050** (Schneider, *Science*, 243,771,1989 ; Kerr, *Science*, 249, 481, 1990).

Les centrales thermiques au gaz naturel rejettent 2 fois moins de CO<sub>2</sub> que celles au charbon (*La Recherche* n°243 Mai 1992 p 621). Les centrales au fuel ou au charbon rejettent aussi des composés soufrés.

L'emploi du bio-carburant *HVP Végétale*®, *Gazuile*® (voir Fiche définitions pour ces 3 mots) conduit à un bilan CO<sub>2</sub> très favorable car le carbone "brûlé", rejeté sous forme de CO<sub>2</sub>, sera exclusivement capté dans l'air par la photosynthèse, **pratiquement sans adjonction de carburant fossile comme pour les autres bio-carburants** (éthanol, EMC, ...: engrais, transports, fermentation, distillation, ...).

. performances des espèces végétales : les *espèces dites en C4* sont les plus efficaces à transformer le CO<sub>2</sub> de l'air en glucides : ce critère, important dans un objectif de productivité des espèces, devient secondaire dans un objectif de dépollution de l'air car seul comptera le **bilan de CO<sub>2</sub> par gigajoules nets de carburant disponible par ha** (voir tableau Bilan de CO<sub>2</sub> ).

meilleur taux de photosynthèse nette des espèces en C4 dont beaucoup sont proposées pour la synthèse de bio-éthanol : maïs, sorgho, mil, canne à sucre, halophytes, majorité des hautes herbes tropicales, et certaines mauvaises herbes ;

par rapport aux plantes en C3 : blé, orge, betterave, coton, riz, tournesol, pomme de terre, tabac, ..., la plupart des Légumineuses (soja, pois, haricot, luzerne,...), des plantes ligneuses, maraîchères et des mauvaises herbes ;

plantes en CAM (Crassulacean acid metabolism) : ananas, figues de barbarie, manioc, oignon, ricin,...à itinéraire photosynthétique mixte C3 ou C4.

La plupart des plantes cultivées sont dites en C3 car le premier produit de la photosynthèse est une molécule à 3 atomes de carbone: la photosynthèse est alors limitée car l'enzyme responsable de la fixation du CO<sub>2</sub>, la Rubisco, libère aussi du CO<sub>2</sub> (photorespiration) ; la photosynthèse nette croît avec le taux de CO<sub>2</sub> entre 0 et 600 ppm (valeur actuelle : 350). Les plantes en C4 possèdent en plus une enzyme (PEP-carboxylase) qui fixe le CO<sub>2</sub> en composé à 4 atomes de carbone qui libère ensuite du CO<sub>2</sub> à une concentration telle (2 000 ppm) que la Rubisco ne réalise pratiquement plus que de la photosynthèse et non de la photorespiration. Un doublement de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère (700 ppm), qui peut être atteint vers 2100 (50 ans après l'après-pétrole), entraîne expérimentalement une augmentation de la photosynthèse de 40% environ chez les plantes en C3 tandis que la photosynthèse nette est déjà maximale actuellement pour les plantes en C4. L'**indice de récolte** ou % de production récoltable par rapport à la production de biomasse aérienne totale augmente pour toutes les plantes sauf le Soja (Supplément *La Recherche* n°227 Déc 90).

Le **tournesol, plante en C3**, devrait donc voir un accroissement de sa photosynthèse nette sous l'effet de la pollution et des éruptions volcaniques qui se poursuivront encore longtemps créant de la sorte un système en "feed-back" dont il faudrait évaluer l'importance.

. émissions de carburant : HVP de colza

en g/kWh	moteur Deutz à préchambre	moteur Deutz à injection directe
CO	2 à 3	5
HC (hydrocarbures) aldéhydes	3,5	12,5
NO <sub>x</sub>	7,5	18,5
suies	2	6

Source : DEUTZ-FAHR - 1992

- . bilan de CO<sub>2</sub> et efficacité du bilan (CO<sub>2</sub> dégagé par unité d'énergie disponible) sont très largement supérieurs pour les HVP par rapport à l'EMC
  - . conservation ou baisse du CO
  - . pas de dérivés soufrés (gazole= 0,3 % soufre, objectif : 0,05 % en 1996)
  - . pas d'émission de particules et fumées
  - . pas ou baisse d'*hydrocarbures imbrûlés* (HC), notamment *aromatiques* cancérogènes (voir Fiche définitions) : voir en Annexes, classement des émissions diesel *actuelles* (NDLR) comme "cancérogènes" ou "probablement cancérogènes" selon des études US et de l'AIIRC/OMS et la fiche d'essai sur émulsions du Dr HERZOG (Tours, mai 94).
  - . légère augmentation en aldéhydes notamment l'acroléine (voir définitions) qui a un grand pouvoir irritant (Charlet ESEM *Colloque AFB* 27 Nov 1991)
  - . pas d'oxyde d'azote NO<sub>x</sub> comme dans l'EMC
- EMC = NO<sub>x</sub> et aldéhydes sont augmentés : source ELF Colloque CIIA 20 Nov 1991  
- légère augmentation des NO<sub>x</sub> et pas d'augmentation notable des aldéhydes selon Charlet ESEM Colloque AFB 27 Nov 1991.

Moteur ELSBETT : les composés d'oxydes d'azote NO<sub>x</sub> sont en quantité réduite car il n'y a pas assez d'oxygène libre pour oxyder l'azote de l'air dans la zone centrale chaude du moteur (MTA Mars 1988).

Avec l'éthanol, émissions accrues de NO<sub>x</sub> et d'aldéhydes à l'échappement et problèmes d'oléoducs et de corrosion dans certaines configuration de métaux.

*"Si les émissions de polluants classiques ne posent pas de problèmes aux biocarburants, il faut remarquer que, dans plusieurs cas, les émissions d'aldéhydes entre autres ont fortement augmenté. En effet la composition des HC et des particules est très modifiée lors de l'utilisation des biocarburants. On peut déplorer que peu d'études n'aient été faites sur la composition et la nocivité des nouveaux produits émis"* (Charlet ESEM Colloque AFB 27 Nov 1991).

Nous prenons des contacts dans ce sens.

Selon Gatel et al. (*Perspectives agricoles* n°169 Mai 1992 p 17), l'utilisation d'éthanol entraîne une *"forte odeur de pomme que d'aucuns déplorent, liée à une émission accrue d'acétaldéhyde. Bien que (sa) toxicité n'ait pas été établie, elle peut être considérée comme une gêne dont l'usage des pots catalytiques pourrait, selon certains auteurs, y apporter une solution"* (méthanol à 15% avec catalyseur : baisse du formaldéhyde de 34 à 3 mg/kg, acétaldéhyde de 22 à 11 et acroléine de 1,5 à 0,5 ; Source : Garibaldi 1987, Conférence EFOA Rome).

Pas d'information sur les effets du formaldéhyde (ou formol) répandu dans l'air à très grande échelle et dont on connaît, par ailleurs, le puissant pouvoir désinfectant (bactéricide,...) et l'effet cancérogène. Les produits chimiques agricoles sont très largement plus surveillés en Europe.

**L'HVP** est un carburant/combustible plus adapté en site pollué :

pollution *urbaine* (flottes captives d'autobus, véhicules publics, taxis ; chauffage) , pollution *industrielle*.

## . UN PROCEDE DE FABRICATION

- . SANS INTERMEDIAIRE : fabrication agricole et locale
- . LE PLUS ECONOMOME : un simple pressage à froid avec un moteur à HVP
- . PROPRE : pas de site industriel, pas de co-produit difficile à revendre (glycérine et sulfate de sodium)
- . une fabrication envisageable à la récolte

## . UN BILAN ENERGETIQUE OPTIMAL :

- . l'énergie consommée pour produire l'huile est faible : pas ou très peu d'engrais azotés et de produits phytosanitaires à la différence du colza
- . l'utilisation de l'huile est DIRECTE sans surcoûts de transport (éthanol, EMC) (voir en Annexe la carte des usines de trituration du tournesol et d'estérification de l'huile de colza -20/5/94))
- . l'utilisation est totale SANS recours à des mélanges avec des carburants fossiles (EMC : 5 à 20 % dans le gazole)
- . énergie renouvelable à volonté (pas le cas des énergies fossiles et fissiles)
- . atout par rapport à une réduction plus forte de la dépendance énergétique.

## . LE TOURNESOL : un oléagineux encore plus PROPRE :

- la . un développement végétatif précoce capable de piéger les NITRATES abondants à minéralisation de printemps en pays chauds (Sud) et les nitrates lessivés en profondeur pendant les hivers pluvieux : enracinement possible à PLUSIEURS METRES
- . PAS ou très peu d'emploi d'ENGRAIS AZOTE
- . PAS ou PEU d'emploi de PRODUITS PHYTOSANITAIRES
- . emploi d'engrais vert possible si BESOIN en hiver

Des itinéraires techniques devront être testés pour valoriser d'autres espèces oléagineuses autogames adaptées dans notre région comme le **SOJA** (la Hte-Garonne, 1<sup>er</sup> département français de culture de soja) et le **COLZA**. Il faudra trouver l'espèce ou les espèces les mieux adaptées à chaque aire géographique.

## Les huiles végétales : 2 000 plantes oléagineuses répertoriées

**Sites de trituration du tournesol** : voir carte en Annexes

**Structure et composition** des graines de tournesol, colza et soja : voir tableaux en Annexes

**Composition des huiles** : - Sources : éléments de *MTA Mars 1988* :

Les huiles végétales sont, comme les hydrocarbures d'origine pétrolière, constituées de chaînes moléculaires regroupant atomes de carbone et d'hydrogène. Mais, caractéristique essentielle, ces chaînes possèdent aussi des **atomes d'oxygène**, qui permettent aux huiles d'être moins polluantes, dans les gaz d'échappement, que le gazole. Elles ne contiennent pas le soufre qui participe aux pluies acides (raffineries, gazole, charbon)

**C, H, O et ni N (azote), ni S (soufre), ni métaux lourds**

Les huiles végétales peuvent être classées en 3 grandes catégories :

- les **huiles saturées** dans lesquelles on trouve les huiles de Coprah, de Palme et de Palmiste ; ces huiles sont résistantes à l'oxydation, présentent un bon indice de cétane, mais sont souvent très visqueuses, voire pâteuses aux températures moyennes (ce qui imposera un dispositif de pré-réchauffage pour les utiliser).

- les **huiles semi-siccatives**, les plus nombreuses avec l'huile d'olive, d'arachide, de purgère, de colza, moyennement visqueuses et les huiles de tournesol, soja, maïs, coton, carthame, plus fluides.

- les **huiles siccatives** comprenant les chaînes carbonées les plus longues telles que l'huile de lin et les huiles de poisson qui s'avèrent, à l'expérimentation, difficiles à assurer une combustion correcte dans le moteur.

Les huiles végétales se composent essentiellement de **triglycérides** (tournesol : 98 à 99 %) ou esters du glycérol, le reste étant l' "**insaponifiable**" (cires, glucides, stérols, comme la vitamine E antioxydante). Ils résultent de l'*estérification des 3 fonctions alcool du glycérol par 3 molécules d'acides gras* : ce sont donc des mélanges contenant des esters naturels. Les acides gras possèdent le plus souvent 16 à 18 atomes de carbone, mais toujours en nombre pair (biosynthèse des acides gras).

On distingue les acides gras saturés, les mono-insaturés (1 double liaison ex. : oléique) et les poly-insaturés dits essentiels. Très peu de plantes renferment les acides □ et □ linoléiques intéressants pour leurs vertus médicinales en particulier pour les nouveaux-nés.

**Composition en acides gras** : voir tableaux en Annexes

Les huiles alimentaires de graines sont obtenues par broyage, aplatissage, cuisson puis pression à chaud dans des presses continues. L'huile restant dans le tourteau est extraite à chaud par un solvant. Les huiles sont enfin raffinées : élimination des mucilages, neutralisation des acides gras libres par saponification, lavage, séchage, décoloration, désodorisation. Tout cela a un coût : argent, énergie, pollution.

La connaissance de l'**indice d'iode** (quantité d'iode susceptible de réagir sur les doubles liaisons des acides gras) permet de porter un premier jugement sur l'aptitude à la combustion de l'huile : plus l'indice est élevé, plus la combustion peut poser des problèmes.

L'indice d'iode s'échelonne de 10 (huile de Coprah) à plus de 180 (huile de poisson) avec une valeur moyenne de 80 à 130 pour les huiles produites sous nos climats (colza, maïs, tournesol, soja).

L'**oxydation des huiles** ou rancissement est catalysée par la lumière, la chaleur et certains métaux (cuivre, fer,...). Ce phénomène naturel commence à la récolte (battage avec casse d'akènes ou de grains), se poursuit au stockage des grains puis, après pressage, de l'huile mais est ici sans inconvénient. Au contraire, il améliore légèrement l'indice de cétane.

Les huiles végétales, contrairement au gazole, présentent un caractère d'**acidité**, variable selon les origines. Tournesol, colza : nul soja : 0,16 palme : 0,28 (*MTA 1988*).

A l'expérience, l'**huile de tournesol est très intéressante par sa teneur très basse en phospholipides (gommes), qu'il faut filtrer et décanter sur d'autres huiles** (CIRAD, AEV).

Température de **figeage** : le tournesol (-8°) est plus sensible que le colza (-12°).

La viscosité des HVP (moins fluides que le gazole) nécessite quelques réglages des pompes à injection mais **tournesol et soja sont plus fluides** (ci-dessus).

**CARACTERISTIQUES PHYSICO CHIMIQUES DE L'HVP (1)**

	Huile de colza	Gazole	EMC (5)
Densité à 20°C en kg/l	0,916	0,85 hiv.: 0,84 (4)	0,88
Viscosité mm <sup>2</sup> /sec à 20° C	77	2,5 - 5,5	7
Point de trouble °C	- 11	1 (selon la saison)	- 5
Point d'écoulement °C	- 21	- 9 à -18 (selon la saison)	- 12
Indice de cétane	32 - 36 (2)	<b>48 - 50</b> (3)	49 - 50
PCI volumique à 20°C kJ/l soit en % du gazole :	<b>34 300</b> <b>97,0 %</b>	<b>35 350</b> <b>100 %</b>	33 175 <b>93,8 %</b>
PCI massique kJ/kg (4)	37 440	42 083	37 700
Teneur en soufre (source AEV) g/l soit en % du gazole :	0,02 <b>7,7 %</b>	0,26 100 %	0,02 <b>7,7 %</b>

$$1 \text{ kcal} = 4,18 \text{ kJ} \text{ ex : } 35\,350 \text{ kJ/l} / (4,18 \times 0,85) = 9\,949 \text{ kcal/kg}$$

(1) Sources FOP 2/01/92 <- IFP

(2) MTA : tournesol 38 colza 32 soja 37 arachide 41 - ADEME : colza 31,8 pure 36,4 semi-raffinée IFP

(3) 52 en France selon MTA ; 49 au Portugal ; Moteurs : environ 50 FOD chaudières : ≥40

(4) ADEME 1992 (<- IFP)

(5) EMC = EMHC = ester méthylique d'huile de colza (ex : Biodiesel, Diester® Fr.)

**CARACTERISTIQUES DES COMPOSES OXYGENES par rapport au Supercarburant :**

CARACTERISTIQUES	SUPER	MTBE (1)	ETBE (1)	TAME (1)	METHANOL	ETHANOL	TBA (1)
Masse volumétrique kg/m <sup>3</sup>	735-760	746	750	750	796	794	792
Température-ébullition °C	30-190	55,3	72,8	86,3	64,7	78,3	82,8
Tension vapeur mélange Bar	0,7-0,8	0,55	0,4	0,1	5,24	1,54	1,03
Pouvoir calorifique (PCI) kJ/l	32 020	26 260	26 910	27 375	15 870	21 285	25 790
IOR mélange clair (2)	95	118	118	115	123-130	120	105
IOM mélange clair (3)	85	101	101	100	95	99	95

Source : IFP

(1) MTBE : Méthyle Tertio Butyle Ether  
ETBE : Ethyle Tertio Butyle Ether  
TAME : Tertio Amyle Méthyle Ether  
TBA : Tertio Butyle Alcool

(2) IOR : indice octane recherche  
(3) IOM : indice octane moteur

## POUVOIR CALORIFIQUE, DENSITE et PRODUCTION DE DIFFERENTES HUILES VEGETALES

Plante	/iscosité	huile teneur totale %	Pouvoir calorifique			Densité Gazole 0,81à0,89	Production mondiale milliers t
			kcal /kg	(1) kJ/l	(1) kJ/kg		
Gazole		-	10 600	<u>36 687</u>	44 308	0,828	-
Arachide	MV	50	9 200	<u>34 995</u>	38 456	0,910	4 000
Colza	MV	40	8 850	33 849	36 993	0,915	5 700
Coprah (2)		65	8 950	34 792	37 411	0,930	3 000
Coton	F	20	8 800	33 841	36 784	0,920	3 500
Maïs	F	3,5 (nouveau à 11 a 12 %)					
Olive	MV						
Palme (3)		50	9 150	34 805	38 247	0,910-0,911	7 000
Palmiste (4)		50					600
Sésame							700
Soja	F	16-18	9 100	34 995	38 038	0,920	17 000
Tournesol	F	44-48	8 900	<u>34 412</u>	37 202	0,925	8 000
soit en % du gazole :				<u>93,8 %</u>			
Babassu			8 425	33 315	35 217	0,946	
Carthame	F	40				0,945	
Lin	F	38	8 900	35 528	37 202	0,955	704 (1980)
Purghère	MV		9 300	35 764	38 874	0,920	8 000
Ricin	F	45-50	8 900	35 528	37 202	0,955	372 (1980)
Arbustes divers							
Huile de poisson							

Viscosité : MV : moyennement visqueuse F : fluide

Sources : CIRAD-SAR (ex CEEMAT Centre d'Etude d'Expérimentation du Machinisme Agricole Tropical) in France agricole 15/1/88 et Oil World Weekly 1980 , **sauf (1) calculés**.

Densités, PCI **différents** in "Etude technique sur l'utilisation d'huiles végétales comme combustibles dans un moteur monocylindre RICARDO, EDF Et. et Rech., Juin 1985.

(1) calculés

(2) Coprah : amande de la noix de coco prête pour l'extraction d'une huile utilisée comme aliment et en savonnerie.

(3) Palme : huile issue de pulpe (péricarpe) de fruit de Palmier à huile ; huile comestible, riche en acide palmitique (40 à 60%), colorée en rouge par la présence de carotènes.

(4) Palmiste : amande du fruit de Palmier à huile, fournissant l'huile de palmiste et un tourteau (alimentation animale).

Autres : Carthame, Oeillette, Navette, Moutarde, Onagre (24%), Cuphée (35 à 42%), Lupin changeant (10 à 16%), Vernonia galamensis (Afr), Jojoba (Californie), Lesquerella (Crucifère oléagineuse sauvage du Sud des USA ; études en cours), Amandier, Noyer, Arganier (Méditerranée), Cacao, Sisymbre officinale, Meadow foam Limnanthes alba, Crambe, Coriandre, Euphorbia lagascae, Euphorbia lathyris, Cuphea,...  
**(voir liste disponible : Les huiles végétales IFHVP)**

NB : l'Arachide et le Coton poussent à Toulouse, à l'état expérimental.

Méthane : dans les marais, dans le fumier, la décomposition de la matière organique produit et libère dans l'atmosphère du méthane ou biogaz, constitué de méthane CH<sub>4</sub> (45% à 75% ) et de dioxyde de carbone : ces 2 gaz sont à fort effet de serre. Son pouvoir calorifique est de 20.000 kJ /m<sup>3</sup>.

Pour le consommateur, l'expression du Pouvoir calorifique est plus explicite en **énergie/litre**, car ce sont bien des litres qui sont achetés ; or les huiles végétales sont **plus denses que le gazole** : (1) kcal /kg x 4,18 x densité = **kJ/l**

$$\text{kcal /kg} \times 4,18 = \text{kJ/kg}$$

- Gazole : 10 600 kcal /kg = 36 687 kJ/l (à 35 350 tableau précédent)

- tournesol : 8 900 kcal /kg = 34 412 kJ/l soit, ici, **93,8 %** du PCIv du gazole.

**soit un chiffre beaucoup plus semblable à celui du gazole qu'il n'y paraissait.**

- HVP de tournesol : à vérifier.



<b>BILAN D'ENERGIE ET BILAN DE CO2</b>
--

**BIO-CARBURANTS ISSUS DES HUILES :**

Un important travail d'évaluation a été réalisé en Suisse par Studer et Wolfensberger (Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural de Tänikon) : Biodiesel : bilan énergétique et bilan de CO<sub>2</sub> d'un carburant d'origine agricole in Revue suisse d'agriculture 24 (1): 39-43, 1992.

Nous avons utilisé ces valeurs (bibliographie) dans nos propres *scenari* CA 31 et AEV, conduisant les cultures et la production d'huile selon différentes hypothèses (cf tableaux et graphes Bilans d'énergie et de CO<sub>2</sub>) :

CA 31-ADVA : tournesol 20 qx/ha sans azote ni raffinage  
 tournesol 30 qx/ha 60 N sans raffinage (possible sans azote)  
 colza 27,3 qx/ha 140 N sans raffinage  
 (méthode FAL/Völknerode Allemagne, corrigée)

AEV : colza 27,3 qx/ha sans azote ni raffinage

Dans tous les cas de comparaison (HVP, EMC, éthanol,...) il importe de ne pas inclure les valeurs énergétiques et de CO<sub>2</sub> des *pailles* (trois scenari de l'ADEME) car, **comme semblent l'oublier de nombreux auteurs, celles-ci sont indispensables à la conservation des sols et donc enfouies** (tournesol, colza, soja).

Au vu de ces chiffres disponibles, on constate que **les performances des HVP sont toujours meilleures** et des essais méritent d'être réalisés pour valider certaines des hypothèses en colza comme la conduite sans ou avec peu d'azote (hypothèse AEV).

**CONCLUSIONS :****- énergie : - total sortants huile + tourteau hors pailles :**

. le colza huile et le colza Biodiesel (EMC) ont des performances énergétiques similaires

. la culture de colza carburant selon STUDER (facteur de récolte **2,52**) est à peine plus performante que le Biodiesel (EMC pur : 2,42)

. la culture de colza carburant local SANS azote selon AEV (**5,07**) conduirait à un facteur de récolte **2,1** fois plus élevé que celui de l'EMC

la culture de **tournesol carburant en extensif** (code TC n°E de l'itinéraire technique *Amac1* Chambre agr.31- non publié) produit **6,33 fois plus d'énergie** qu'on n'en met ("facteur de récolte"), contre **4,80** pour le tournesol HVP à 30 qx/ha (culture conventionnelle),

2,58 pour le colza extensif (itinéraire Chambre agr.31),

5,07 pour le colza extensif SANS azote (hypothèse AEV),

2,42 fois pour l'EMC pur (100%)

NB : calculé aussi pour le mélange 20% - 80% EMC / gazole et 5 - 95 % page 10 bis.

soit un "**facteur de récolte**" multiplié par **2,6 pour le tournesol sans N à 2,0 pour le tournesol à 60N, et 1,07 à 2,10 pour le colza.**

**- rapport énergie du carburant seul (huile) /total intrants :**

**3,48** tournesol HVP en extensif

2,65 pour le tournesol HVP à 30 qx/ha

contre 1,47 pour l'EMC pur (100%)

### BILAN d' ENERGIE

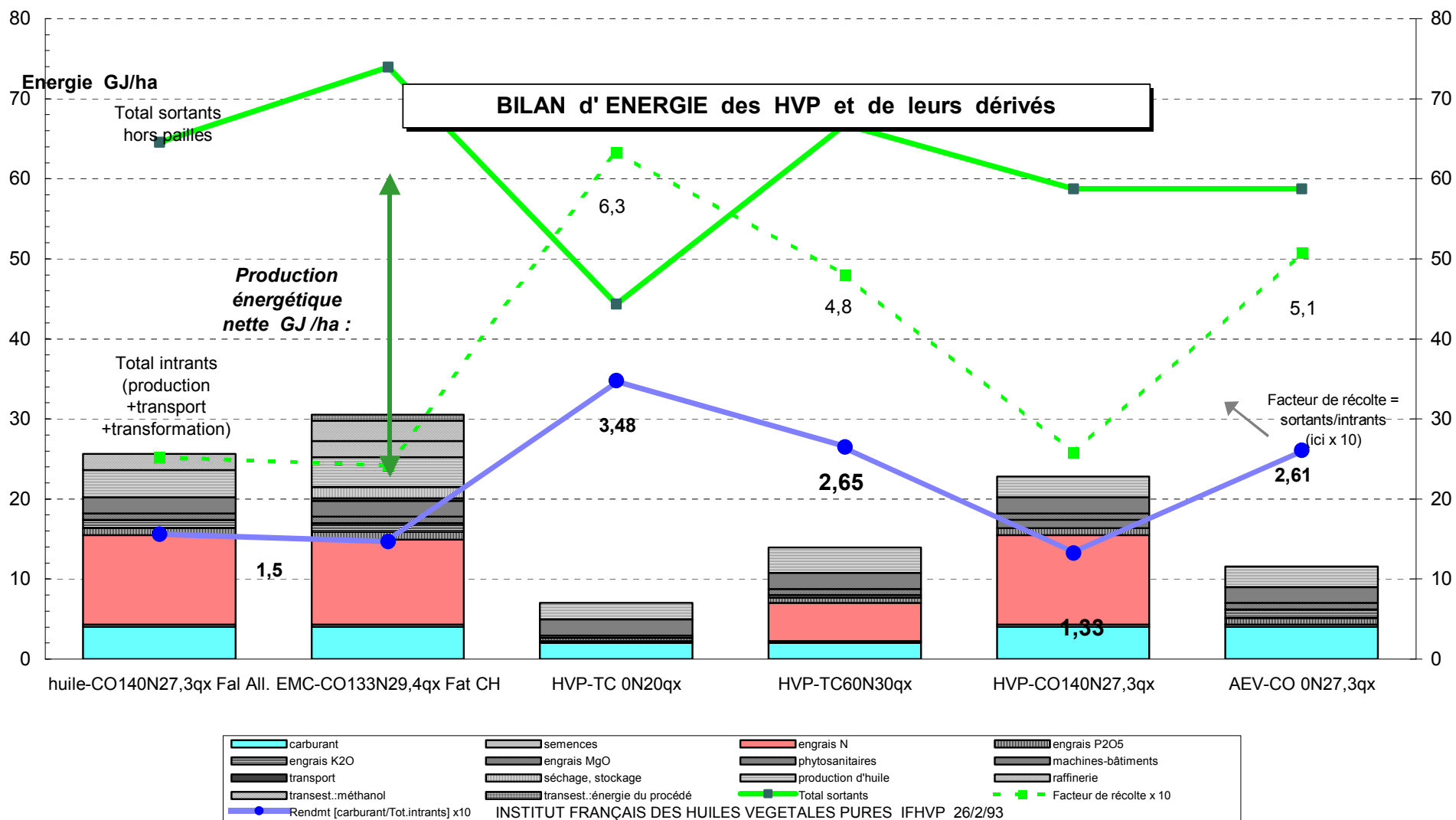
Sources :

en GJ/ha			STUDER et al. 1992 ** corrigé **			SOFI PROTEOL	ADVA - Chambre d'agr. 31 : <i>Gazuile</i> ® 1993			AEV 1992	
unité	énergie en MJ/unité		Colza 27,3 qx huile (Allemagne) quant./t GJ/ha	Colza 29,4qx EMC Biodiesel(CH) quant./t GJ/ha	équivalent de pétrole de économie	Colza .... diester (F)	Tournesol 20 qx/ha TCn°1 quant./t GJ/ha		Colza 27,3 qx/ha quant./ GJ/ha	Colza extensif 27,3 qx/ha quant./ GJ/ha	
Itinéraire technique :			méthode FAL All avec 140 N AVEC raffinage	méthode FAT Tànikon CH avec 133 N AVEC raffinage			hypothèses Amac 1 SANS N ni phyto SANS raffinage		avec 60 N possible ss N	méthode FAL All. hypoth. 140 kg/ha N SANS raffinage	hypothèse "SANS N" SANS raffinage
carburant	l	35,5	115 4,05	114 4,05			2,00	: estimé :	2,00	4,05	4,05
semences	kg	24,5	10 0,25	10 0,25		3	0,25	: estimé :	3 0,25	0,25	0,25
engrais N	kg	80	140 11,20	133 10,64		O			60 4,80	11,20	O
engrais P2O5	kg	12	60 0,84	79 0,95		33	0,40		49 0,59	0,84	0,84
engrais K2O	kg	8	120 1,08	124 0,99		36	0,29		44 0,35	1,08	1,08
engrais MgO	kg	6	O	17 0,10		O			O		
phytosanitaires	kg	800	1 0,79	1 0,80		O			1 0,79	0,79	0,79
machines-bâtiments			2,00	2,00		GJ/t (?)	2,00		2,00	2,00	2,00
<i>Total production agricole</i>			20,20	19,77		15,00	4,93		10,78	20,21	9,01
transport			v.carb	0,30			-		-	-	-
séchage, stockage	kg	0,48	v.carb	2940 1,41		kg	-		kg	-	kg
production d'huile	kg	3,14	1084kg	3,40	1185	3,72	660	2,07	1000 3,14	819 2,57	819 2,57
raffinerie		1,86		2,01							
transestérification : méthanol		19,7		131,14	2,58						
transestérification : énergie du procédé				0,75							
<i>Total transformation indus.</i>			5,41	10,78		13,00	2,07		3,14	2,57	2,57
<b>Total intrants (inputs) (1).</b>			<b>25,62</b>	<b>30,55</b>	.... ?	<b>28,00</b>	<b>7,01</b>	: estimé :	<b>13,92</b>	<b>22,78</b>	<b>11,58</b>
Tx épuistmt huile en poids			100% (déduit)	100% (déduit)			75% (prévu sur teneur 44%)		75% (prévu sur 40%)	75% (prévu sur 40%)	75% (prévu sur 40%)
Sortants :			Pt huile extr	39,7 (déduit)	40,3 (déduit)		33,0 (prévu)	33,0		30,0 (prévu)	30,0 (prévu)
huile	kg	36,9	1084kg	40,00	-	1283,2	660	24,35	1000 36,90	819 30,22	819 30,22
tourteau	kg	14,93	1646kg	24,57	1774kg	26,48	1340	20,01	2000 29,86	1911 28,53	1911 28,53
ester+glycérine		37,3+16,3	-	-	1216+1:	47,49	kg	-	kg	-	kg
<b>Total sortants (outputs) (2).</b>			<b>2730 64,57</b>	<b>73,97</b>	.... ?	....	<b>2000 44,36</b>	: estimé	<b>3000 66,76</b>	<b>2730 58,75</b>	<b>2730 58,75</b>
dont énergie de carburant ou combustible disponible (3).			<b>40,0</b>	<b>EMC 44,8</b>	<b>44,8</b>		<b>660 24,35</b>	: estimé	<b>1000 36,90</b>	<b>819 30,22</b>	<b>819 30,22</b>
Production énergétique totale (2) - (1)			<b>38,95</b>	1216kg calculé sur 45,36 = 283 l gazole	1300 L	voir Ecobilan nov'02 publié par ADEME	<b>37,35</b>		<b>52,84</b>	<b>35,97</b>	<b>47,17</b>
Facteur de récolte (2) / (1)			<b>2,52</b>	<b>2,42</b>	-		<b>6,33</b>		<b>4,80</b>	<b>2,58</b>	<b>5,07</b>
Rendmt [carburant/Tot.int] (3) / (1)			<b>1,56</b>	<b>1,47</b>	0,74 à 0,94		<b>3,48</b>		<b>2,65</b>	<b>1,33</b>	<b>2,61</b>
Facteur de récolte/ Réf. EMC(2)/(1) / 2,42			1,04	<b>1,00</b>	???		<b>2,61</b>	fois plus	<b>1,98</b>	<b>1,07</b>	<b>2,10</b>

J LAMBERT IFHVP 26/2/93 (voir graphique)

à voir : COLZEL

Réf. facteur de récolte in "Le sol", SOLTNER : USA 1970 : 2,82 France 1970 : 2,



La cause principale est **l'absence d'engrais azoté sur tournesol en extensif (possible en intégré, méthode CA 31 - ADVA : *Gazulle*® 1992)** et son absence en colza extensif (méthode AEV 1992).

Le colza cité par Studer emploie 11,20 GJ/ha pour les 140 N, ce qui nous paraît une fumure très sous-estimée en conventionnel pour notre région : compter **220** unités de fumure azotée N :

de 130 à 300 N - moyenne pondérée sur 191 ha : **217 N** en 1987  
de 87 à 236 N - moyenne pondérée sur 281 ha : **184 N** en 1991  
- Source "Réseau de ferme" CA 31-ADVA en Annexes.

220 N consommeraient 17,60 GJ au lieu de 11,20 soit **+6,40 GJ**.

- **efficacité énergétique comparée** : (tableau de comparaison suivant)

Il faut comparer le rendement des biocarburants - **k supérieur à 1** - à ceux de l'industrie pétrolière **toujours inférieur à 1** (gazole, essence : k = 0,74 à 0,94) avec  $k = B1/A1$  = énergie obtenue par les carburants/dépense énergétique de production des carburants ou total intrants.

Pour l'éthanol pur, la consommation représente 90 % du pouvoir calorifique disponible sous forme de biocarburant : **l'efficacité est faible** (k = 1,1 - rapport LEVY, février 1993). Tous les mélanges (prévus) au gazole ou au super abaissent ces rendements. **L'HVP de tournesol (espèce + techniques culturales + utilisation locale + utilisation à 100%) permet les meilleurs rendements (tableau comparatif ci-après).**

- **N<sub>2</sub>O** : pas de contribution à l'effet de serre par N<sub>2</sub>O comme pour les cultures fertilisées en azote et en présence d'hydromorphie (colza ci-dessous, céréales, ...).

- **CO<sub>2</sub>** :

les cultures conventionnelles dégageraient plus de CO<sub>2</sub> qu'elles n'en consommeraient : les cultures intensives pourraient donc être responsables aussi d'un excès de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Ce point est controversé et à éclaircir (notamment dans le cas du maïs irrigué).

. le colza biodiesel *accroît* encore l'excès de CO<sub>2</sub> (solde +2,05 t/ha) mais la *substitution totale* au pétrole, qui aurait dégagé 3,83 t/ha pour une énergie équivalente, conduit globalement à une **baisse de -1,78 t /ha** ;

- en fait, des incorporations de **20% d'EMC dans le gazole** sont annoncées. Dans ces conditions **l'impact potentiel de l'EMC sur l'environnement apparaît négligeable** : pour la même énergie disponible produite/ha, il faudrait 1 255 l de mélange 20/80 qui dégagerait **3,37 t/ha de CO<sub>2</sub>** .

- **la baisse par le pétrole économisé ne serait plus que de 0,46 t/ha** :

*Besoins en mélange* :

	Réf. EMC FAT colza 29,4 qx : 133 N	équivalent "économie de pétrole"	mélange 20% - 80% EMC / Gazole :
	1216 kg EMC ou <b>1382 l/ha</b>	<b>1283 l</b> gazole	<b>1255l/ha</b> mélange
carburant disponible(3) : voir tableau	44,8 GJ/ha ----->	↑ 44,8 GJ/ha ----->	↑ 44,8 GJ/ha ----->

Sources STUDER : 20% x EMC 37,3 MJ/l = 7,46  
+ 80% x Gazole 35,3 MJ/l = 28,24  
= Mélange 20/80 = 35,7 MJ/l

Pour 44 800 MJ/ha il faut 1 255 l/ha de mélange soit 251 l d'EMC produit + 1 004 l Gazole acheté

**Comparaison des rendements énergétiques de différents carburants/combustibles et de certains de leurs mélanges**

 C  
8/5/05

**Un mode de calcul "conventionnel" qui minimise la dépense :**

 Rendement (ADEME)  $k = B1 / A1$  B1 = énergie obtenue par les carburants (sortant ou output)

 Taux de dépense  $1/k = A1 / B1$  A1 = dépense énergétique de production des carburants (total intrants ou input)

exemple : pour de l'essence ou du gazole il faut dépenser 120 d'énergie pour récolter 100 net. L'HVP a de loin le meilleur rend

 ou un calcul de "Rdt au sens courant" : **Energie obtenue (B1) / énergie engagée (A1+B1) (Rdt JL)**

Carburants	Réf.	A1 énergie dépensée	B1 énergie obtenue	1/k	k Rendmt	Observations	JL Rdt sens co B1 / [A1+B1]
<b>Carburants fossiles</b> (Super, gazole)		120 (référence)	100	<b>120%</b>	<b>0,70</b>	(ici 100/120 = <b>0,83</b> ) CCPCS-ADEME: 0,74 à 0,94 <i>et inputs NON renouvelables</i>	<b>45%</b>
<b>Ethanol (pur)("Bio"éthanol)</b>		90	100	<b>90%</b>	<b>1,11</b>	Rendement très faible <i>et inputs NON renouvelables</i>	<b>53%</b>
<b>Ethanol 10 % - Super 90 %</b> (estimé)		9+108 = 117 gain 3 points	100	<b>117%</b>	<b>0,85</b>	Inférieur à 1	<b>46%</b>
<b>EMC Colza (pur)(mixte Biodiesel) (1)</b>		53	100	<b>53%</b>	<b>1,89</b>	(rapport LEVY Fév.93	<b>65%</b>
idem hors pailles : FOP (3)		64	100	<b>64%</b>	<b>1,57</b>		<b>61%</b>
idem hors pailles et hors glycérine ADVA (2)		68	100	<b>68%</b>	<b>1,47</b>	(total énergie : 5,4) Rendement moyen <i>dont inputs NON renouvelables</i>	<b>60%</b>
<b>EMC 20 % - Gazole 80 %</b> hypothèse très favorable	ADVA Réf (1)	10,6+96	107	<b>107%</b>	<b>0,94</b>	gain 13 points inférieur à 1	<b>48%</b>
hypothèse normale	Réf (2)	13,6+96	110	<b>110%</b>	<b>0,91</b>	hors pailles, hors glycérine	<b>48%</b>
<b>EMC 5 % - Gazole 95 %</b> hypothèse très favorable	ADVA Réf (1)	2,6+114	117	<b>117%</b>	<b>0,86</b>	écart au gazole	<b>46%</b>
hypothèse normale	Réf (2)	3,4+114	117	<b>117%</b>	<b>0,85</b>	non mesurable	<b>46%</b>
<b>Huile végétale pure à 100 % :</b> (estimé) <i>Gazuile, Végétale, ...</i>	ADVA (2)						
<b>HVP de Tournesol 20 qx/ha [= huile seule] :</b> hors pailles (itinéraires technique ADVA)		29	100	<b>29%</b>	<b>3,48</b>	(2) Rendement élevé 4 fois moins d'inputs que le pétrole, <i>et inputs pouvant être quasi renouvelables</i>	<b>78%</b> (5).
<b>HVP de Tournesol si cumul [huile+tourteaux] :</b>		16	100	<b>16%</b>	<b>6,33</b>	ici, k = facteur de récolte (2) Rendement élevé	<b>86%</b> (6).
<b>Mélanges au gazole</b> (ex : à 5% dans TOUS les diesels, au lieu de 5% d'ester plu)						Non nécessaires (4)	

(1) CCPCS

(2) ADVA Fiche Energie et Environnement, 1992 d'après STUDER et al 1992

(3) FOP "Le Diester, un incontestable progrès pour l'environnement", p 2, mars 93

(4) en injection non directe ; en injection directe, mélanges inférieurs à 5% ou kit ; émulsion à 100% sur tous Diesel (COLZEL

(5) point de vue motoriste : énergie liquide disponible (traction seule) (6) pt de vue agronomique : énergie globale disponible (traction-alimentation animal

 N.B. : Le "facteur de récolte" est un ratio utilisé en agronomie : c'est le rapport du total des **sortants récoltés** (outputs), hors paille ici, **sur le total des intrants employés** (inputs), soit tournesol grain : **6,33**.

Pour colza ensilé, tournesol ensilé, mais ensilé... , on inclurait les pailles car elles sont récoltées ; les coûts sont alors très différents.

**Bilan de CO<sub>2</sub> en t/ha :**

	Réf. EMC FAT colza 29,4 qx : 133 N	équivalent "économie de pétrole"	mélange 20% - 80% EMC / Gazole :
dégagé (5) :	8,34	3,83	
solde net :	2,05	3,83	3,37 (*)
bilan après pétrole économisé :	2,05-3,83 =		3,37-3,83 =
(6) :	- 1,78	0	- 0,46 t/ha
(6)/(3)x1000 g CO <sub>2</sub> /MJ.ha :	- 40	0	-10
Réf. EMC :	coeff. 1,00	0	coeff. <b>0,26</b> <i>ce qui est négligeable</i>

(\*) 2,05 t/ha CO<sub>2</sub> pour 1382 l soit pour 251 l : 0,37  
 3,83 t/ha CO<sub>2</sub> pour 1283 l soit pour 1004 l : 3,00  
 Total : 3,37 t/ha

**. nos itinéraires conduisent à de meilleures baisses pour le tournesol  
 -2,65 à -1,75 t /ha de CO<sub>2</sub> et -0,9 à -1,9 t pour le colza**

**. l'efficacité de ce bilan en gramme de CO<sub>2</sub> par Mégajoules.ha d'énergie carburant  
 disponible est supérieure à celle de l'EMC pur  
**d'un facteur 1,8 pour le tournesol carburant****

contre **0,26 pour le mélange EMC à 20%** (donc 5 fois plus faible que l'EMC pur).

**Contraintes du colza :**

Cette espèce subit de gros aléas de production dans notre région dont on est sûr qu'ils sont très peu maîtrisables (avis contraire dans le Gers) : excès de pluies, gel, maladies, sécheresse, ...

- . échec 2 ans de suite dans l'implantation des colza de consommation et de jachère dite "ester" ;
- . achat de semences "00" (sinon risque de repousses à éviter dans une éventuelle cultures de colza alimentaire), hybrides plus coûteux à terme et dont les performances ne feront qu'aller dans le sens de l'intensification accrue que la nouvelle PAC voudrait combattre par ailleurs ;
- . emploi obligatoire d'engrais azoté minéral ou organique (voir Grille de la méthode des bilans CA31-ADVA) et ses conséquences pour l'environnement (nappes, air) : voir synthèse en Annexe p 18 ;
- . forts reliquats N en été et ses conséquences pour l'environnement (nappes); leur maîtrise par les "cultures intermédiaires" est trop aléatoire et coûteuse ; idem pour la jachère nue : voir article FA en Annexe ;
- . emploi d'un minimum de produits phytosanitaires très difficiles à éviter dans l'état actuel des connaissances (Limaces, Altises, Charançon de la tige ou du bourgeon terminal, Puceron, *Oïdium*, *Sclerotinia*, *Alternaria*, *Phoma*, ...) malgré des techniques partielles possibles qui commenceront à être testées en 1993 (CETIOM Midi-Pyr., CA31-ADVA,...) : préparation du sol, dates de semis, densité, ... ;
- . une nouvelle controverse s'installe depuis l'Allemagne : l'Office fédéral de l'Environnement de Berlin UBA va publier une étude sur le "bilan écologique de l'utilisation du diester en remplacement du gazole", qui met en cause d'autres gaz à effet de serre que le CO<sub>2</sub> : **protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O** ou gaz hilarant, dont le pouvoir d'effet de serre par kg serait 300 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub> (voir 1ère Annexe) et le **méthanol** (*Courrier international* n°84 11-17 Juin 1992). En particulier, l'utilisation d'engrais azotés minéraux pour la culture de colza libérerait dans l'atmosphère, sous forme de N<sub>2</sub>O, 2 à 3% de l'azote ajouté au sol. Les conditions pédoclimatiques habituelles ne sembleraient pas le permettre. Or ce point restait encore à éclaircir lors du 1er Forum européen de Tours (9-11/5/94). Depuis l'INRA a évalué ce poste.

## BILAN de CO2

Sources :

en t CO2 /ha	STUDER et al. 1992			SOFI PROTEOL Colza ... diester (F)	ADVA - Chambre d'agr. 31 : <i>Gazuile</i> ® 1993			AEV 1992
	"huile de Colza comestible"	Colza 29,4qx EMC Bio diesel (CH)	équivalent pétrole + transformat		Tournesol 20 qx/ha TCn°1	Colza 27,3 qx/ha	Colza extensif 27,3 qx/ha	
capté par la culture (4).	6,29	6,29			plante plus héliophile ? 4,33 : estimé : 6,5		6,29	6,29
dégagé (5). surtout huile et tourteaux + énergie agricole	8,15	8,34	3,83 pour 44,8 GJ produites		? 4,67 : estimé : 7 soit (8,15) ± engrais - raffinerie		estimé 8 (8,15) - raffinerie 0,15	estimé 7 8,15- engrais - raffinerie
<b>Solde net CO2 (5) - (4)</b>	<b>+ 1,86</b>	<b>+ 2,05</b>	<b>+ 3,83</b>		<< + 0,33	0,50	1,71	0,71
soit :	excès	excès	NB : il faudrait ajouter le bilan CO2 de la culture qui sera remplacée solde: 1,86?		excès	excès	excès	excès
<b>pétrole économisé</b> <b>Bilan avec le pétrole économisé (6).</b>	-	3,83 <b>-1,78</b>			2,08 : éq pétrole : <b>-1,75</b>	3,15 <b>-2,65</b>	2,58 <b>-0,87</b>	2,58 <b>-1,87</b>
<b>Efficacité du bilan g CO2/MJ.ha</b>		g CO2 /MJ.ha			g CO2 /MJ.ha	g CO2 /MJ.ha	g CO2 /MJ.ha	g CO2 /MJ.ha
<b>. de carburant disponible (6)/(3)x1000</b>		<b>-40</b>			<b>-72</b>	<b>-72</b>	<b>-29</b>	<b>-62</b>
<b>. d'énergie nette (6) / [(2)-(1)]</b>		-41			-47	-50	-24	-40
<b>rapport avec Réf. EMC soit : [(6)/(3)x1000] /40</b>		<b>1,00</b>			<b>1,81</b> <b>2 fois plus efficace</b>	<b>1,81</b>	<b>0,73</b> <b>0,7% plus efficace</b>	<b>1,56</b> <b>1,6 fois plus efficace</b>

 J LAMBERT IFHVP 26/2/93 (voir graphique)  
à voir : COLZEL (Prof. MARTIN)

 NB : 1 kcal = 4,18 J 1 GJ = 1 gigajoule = 10e+3 MJ (ou mille mégajoules) = 10e+9 J (ou 1 milliard de joules)  
1 g/MJ.ha CO2 = 1 kg /GJ.ha = 10e-3 t/GJ.ha CO2  
1 t/GJ.ha CO2 = 1000 g/MJ.ha = 10e+3 g/MJ.ha CO2

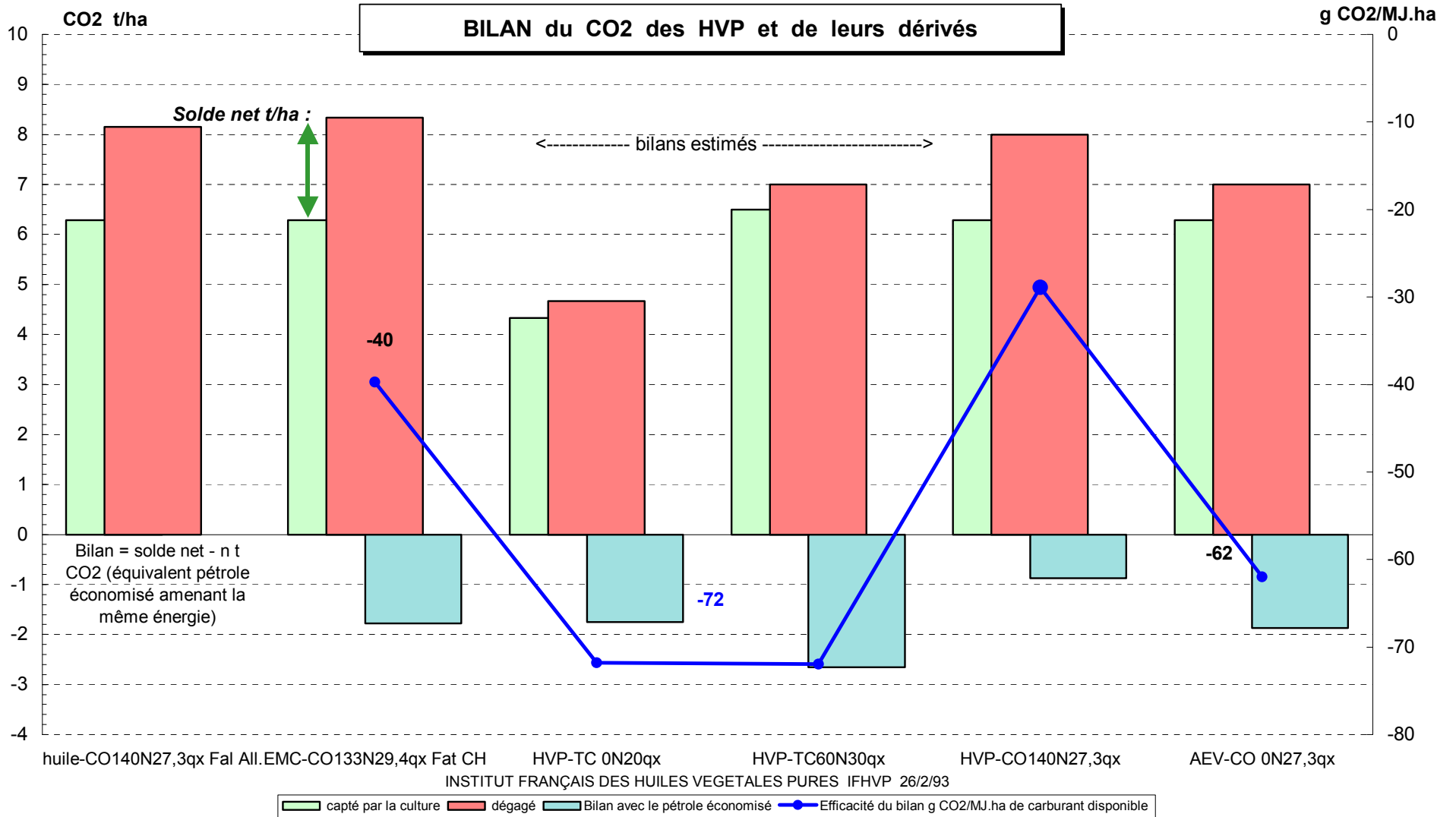
## BILAN des autres gaz à effet de serre : N2O, SO2,... : NON PUBLIE à exprimer en équivalent gaz carbonique ou éq.CO2 :

Etude de l'Office fédéral de l'Environnement de Berlin UBA sur le "bilan écologique de l'utilisation du diester en remplacement du gazole": d'autres gaz à effet de serre que le protoxyde d'azote N2O issu de l'emploi indispensable d'engrais azotés dans la culture du Colza mais absent dans la méthode Gazuile® Tournesol

1 kg d'EMC ("diester",...) émet du N2O équivalent à l'émission de 1,75 à 2,6 kg de CO2

1 kg d'EMC émet un total d'équivalent CO2 de 3,9 à 5,6 kg

1 kg de gazole émet un total d'équivalent CO2 de 3,6 kg





**ETHANOL ET ENVIRONNEMENT :**

La filière éthanol passe par la production végétale de glucides qui capte le CO<sub>2</sub> de l'air. Cependant ces glucides doivent subir des transformations industrielles *obligatoirement* productrices ...de CO<sub>2</sub> :

le transport des plantes (plus lavages,...), de l'énergie des procédés;

la fermentation même si on ne devait consommer aucune énergie

la distillation : très grosse consommatrice d'énergie (en général de CO<sub>2</sub> énergie

le transport du méthanol vers la raffinerie; le mélange aux essences;

le transport du mélange au réseau de distribution + transport du réseau chez l'agriculteur car AUCUN usage agricole possible, TOUS les moteurs, quasiment, étant Diesel.;

tous les coproduits

Enfin, l'emploi de l'éthanol pur ou en mélange dans l'essence dégagera du CO<sub>2</sub> comme pour tous bio-carburants. Nous avons donc estimé le bilan d'après les indications sommaires d'un article récent paru dans *Perspectives agricoles* n°169 Mai 1992 : "Le couple alcool-moteur : une liaison amicale pour l'environnement" par Gatel et Leygue (Céréaliéristes de France), Poitrat (ADEME).

1- selon l'ADEME (voir définition Bio-éthanol Fiche n°6), la fermentation d'une molécule de sucre produit environ autant d'alcool que de CO<sub>2</sub>. En retenant le seul cas de la Betterave comme filière rentable dans le cadre des distilleries en place (étude INRA économie en cours, non publiée), on obtient 53,5 hl/ha soit environ 5 t d'alcool donc environ **5 t/ha de CO<sub>2</sub> dégagé par la fermentation, ce qui est considérable**, auquel il faut ajouter celui de la distillation, des transports et de la carburation du mélange, plus les coproduits et sans oublier celui dégagé pour obtenir les semences, les engrais (l'azote ne peut être supprimé), les produits phytosanitaires nécessaires à la culture, sont que TOUTES LES ETUDES ONT « oublié ».

2- faute de précisions, nous reprendrons la synthèse des auteurs, soit "des émissions réalisées tout au long de la filière (amont-aval) et affectées entièrement au seul bio-carburant":

pour l'éthanol issu de Betterave/procédé fioul	2,26 t de CO <sub>2</sub> /TEP produite
rappel Supercarburant :	3,42 t de CO <sub>2</sub> /TEP
	Source RFP

soit pour un **mélange à 10%** (plafond CEE : 5%) :  $10\% \times 2,26 + 90\% \times 3,42 = 3,304$   
 moins le Supercarburant qu'il remplace :  $- 3,42$   
 $= - 0,116$  t de CO<sub>2</sub> /TEP

or 1 TEP = 41,8 GJ, soit  $- 0,116/41,8 = - 0,00278$  t/GJ = **- 2,8 g CO<sub>2</sub> /MJ ce qui est**

**négligeable comparativement aux HVP.**

Même dans le cas d'une **utilisation à 100 %**, l'éthanol ne permet une "efficacité du bilan de carburant disponible" que de :

$2,26 - 3,42 = -1,16$  soit **- 27,7 g CO<sub>2</sub> /MJ**

**contre - 72 pour l'HVP de tournesol (-40 pour l'EMC),**

**soit 2,6 fois moins efficace.**

En conclusion, les perspectives des experts du climat sont telles que les mesures qui devront être prises en matière d'énergie "propre" pour les équipements à carburation et à combustion sont à choisir **d'abord pour des motifs d'efficacité réelle sur l'ensemble de l'environnement :**

l'air, l'eau, les sols, les êtres vivants.



# ***ANNEXES***



## Synthèse de quelques connaissances agronomiques sur les fuites de nitrates en grandes cultures, issues en particulier des résultats obtenus à ce jour sur le bassin versant d'Auradé (32) - 1992

- Etude du service agronomique de la SCGP Toulouse - Agence de l'eau Adour-Garonne.

1° Les **sols nus** sont essentiellement à l'origine des pertes en nitrates des sols, et de la pollution agricole des rivières en grandes cultures céréalières de coteau ;

le % de temps en sol nu est un bon indicateur ;

- l'extension de telles surfaces sous l'effet de la nouvelle PAC (15% puis 10% de terres en "gel") ne fera qu'accroître cette source de pollution
- une solution consiste à maintenir un couvert végétal cultivé :  
cultures d'espèces selon la méthode HVP (*Végétale*, *Gazuile*®, ...) engrais verts ou cultures intermédiaires,
- La maîtrise d'un couvert végétal spontané pose problème (fiche CA31 Conduite du gel).

2° Les pertes en nitrates **ne sont pas directement liées à un apport récent d'engrais** (résultat différent de l'ITCF)

3° Le **bilan d'azote du précédent** est un (très) bon indicateur du reliquat d'automne (REH ; cf Grille de conseil fumure azotée CA 31- ADVA Hte-Gar 1992)

4° Les **bas de pente**, en coteaux, sont toujours abondamment pourvus en azote minéral, surtout en printemps pluvieux.

L'enherbement des berges de ruisseaux sur environ 8 m est **efficace mais IMPOSE de récolter l'herbe et de la déplacer, par exemple en haut de bassin.**

J. L.