

LES BIOCARBURANTS

**PRESENTATION DES PRINCIPALES FILIERES ET
IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX – QUALITE DE L'AIR**

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

RESUME

Dans le cadre du projet soutenu par la Région PACA, intitulé « Information et aide à la décision sur la qualité de l'air dans les territoires de pays et agglomérations partenaires », les services techniques des collectivités accompagnées par Atmo PACA ont fait part de leurs nombreuses interrogations concernant l'utilisation des biocarburants. Ces questionnements ont conduit Atmo PACA à réaliser une **synthèse bibliographique concernant l'impact des biocarburants en termes de rejets de polluants dans l'atmosphère**.

En préambule de cette synthèse, nous précisons que le terme « biocarburant », généralisé à ce jour et employé dans ce document, fait actuellement l'objet de discussions entre institutionnels et organismes de recherche ou de protection de l'environnement, certains lui préférant le terme d'« agrocarburant », le préfixe « bio » ayant une connotation très marquée pas forcément cohérente avec leurs modes actuels de production.

Mots-clef :

Biocarburants, Agrocarburants, Bioéthanol, Biodiesel, Huiles végétales, Bilan énergétique, Bilan d'émissions, Transports routiers, Diester

Auteur : Gaëlle LUNEAU

Relecteur : Sylvain FAYET

SOMMAIRE

1. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES FILIERES BIOCARBURANTS.....	4
1.1. FILIERE DES BIOCARBURANTS ETHYLIQUES	4
1.2. FILIERE DES BIOCARBURANTS OLEAGINEUX (HUILES, BIODIESEL).....	6
1.3. LES BIOCARBURANTS DE DEUXIEME GENERATION.....	7
2. LEGISLATION.....	8
2.1. CADRE EUROPEEN.....	8
2.2. CADRE NATIONAL.....	8
3. BILANS ENERGETIQUES DES BIOCARBURANTS.....	10
4. BILAN D'EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES	12
4.1. FILIERE ETHYLIQUE	12
4.2. FILIERE OLEAGINEUSE.....	13
4.2.1. HUILES VEGETALES PURES	13
4.2.2. EMHV.....	14
4.3. BILAN DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	16
5. CONCLUSION.....	19
6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	20
7. LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	22
8. GLOSSAIRE	23

1. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES FILIERES BIOCARBURANTS

On appelle « **biocarburant** », un combustible liquide ou gazeux utilisé pour le transport et produit à partir de matières organiques végétales ou animales, encore appelées « biomasse ». Ils sont ensuite utilisés dans des moteurs à essence ou diesel selon les cas. Selon la Directive Européenne 2003/30, « la biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et de ses industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux ».

La figure suivante synthétise les principales filières de production des biocarburants :

- La filière des **biocarburants oléagineux** produit des huiles végétales et du biodiesel,
- La filière des **biocarburants éthyliques** produit du bioéthanol et du biométhanol (biocarburant de deuxième génération).

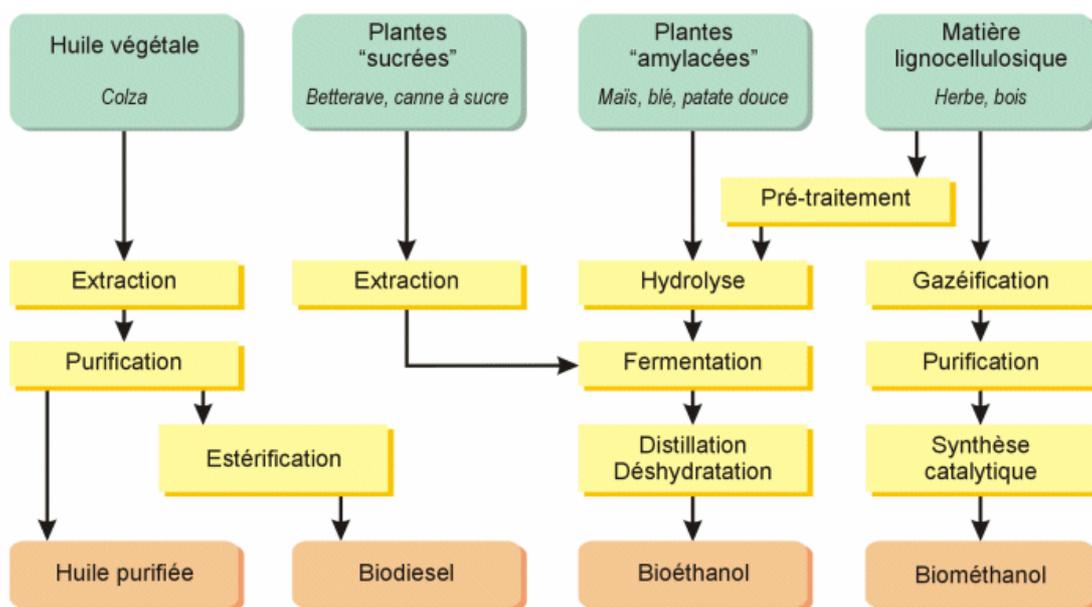


Figure 1 : Schéma de synthèse des principales filières de biocarburants (<http://lasen.epfl.ch>)

1.1. FILIERE DES BIOCARBURANTS ETHYLIQUES

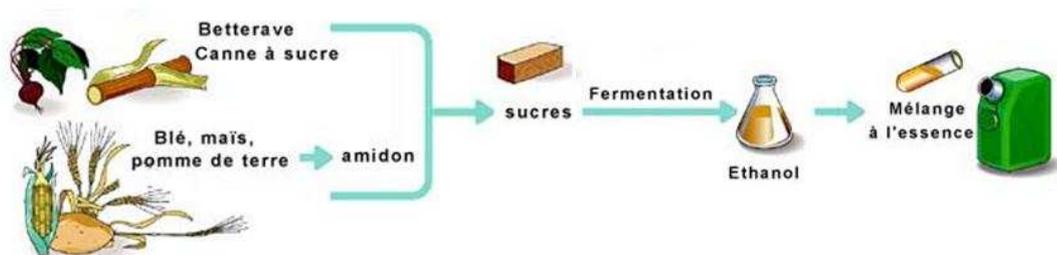


Figure 2: La filière Bioéthanol (www.ifp.fr)

Le **bioéthanol** est un alcool produit à partir d'une fermentation des sucres issus de plantes (betterave, canne à sucre) ou de l'amidon des céréales (blé, maïs). Les sucres subissent un ou plusieurs traitements préalables dont le but est de transformer les polymères en sucres simples fermentescibles. Après fermentation à l'aide de micro-organismes (bactéries, levures...), l'éthanol est recouvré par distillation (éthanol hydraté) puis par déshydratation (éthanol anhydre).

L'utilisation de bioéthanol pur dans des véhicules de séries n'est pas possible, les caractéristiques de l'alcool étant trop éloignées de celles de l'essence. Son utilisation nécessite certaines précautions et il s'agit d'avoir recours à diverses solutions d'utilisation (mélange à faible taux de bioéthanol dans l'essence ou le diesel, usage de véhicules spéciaux...). Les principales filières sont présentées ici.

- Ethanol hydraté : l'utilisation directe de bioéthanol hydraté (élaboration plus simple donc moins coûteuse) nécessite une légère modification des moteurs (bougie d'allumage par exemple pour compenser le taux de cétane relativement bas). Il s'agit de la solution retenue au Brésil pour les véhicules 100% éthanol ainsi qu'en Suède pour certains bus.
- Ethanol anhydre en mélange avec de l'essence conventionnelle : les variantes dépendent ici essentiellement du pourcentage d'éthanol dans l'essence, nécessitant ou non des modifications des véhicules. Les normes européennes fixent à 5% le taux d'incorporation d'alcool dans l'essence, taux ne nécessitant pas de modification des moteurs. Aux Etats-Unis, le mélange préconisé est à hauteur de 5-10% (la quasi-totalité des voitures vendues sur le sol des Etats-Unis, y compris les modèles japonais et européens, ont une garantie des fabricants pour l'utilisation de l'éthanol jusqu'à hauteur d'au moins 10%). Le Brésil utilise un mélange à hauteur de 24% dans les véhicules à moteur, sans modification des moteurs si ce n'est au niveau de la compatibilité des matériaux utilisés. L'éthanol est en effet plus corrosif que l'essence. Les durits, réservoir et autres conducteurs du mélange doivent donc être renforcés. Enfin, il existe la solution des véhicules « flexibles fuel » qui peuvent utiliser indifféremment de l'essence ou de l'éthanol (jusqu'à 85%) dans le même réservoir. La filière « flexfuel » suscite un intérêt croissant au niveau international : plusieurs pays sont engagés dans le développement de carburant à haute teneur en éthanol. Il existe une dizaine de modèles différents aux Etats-Unis contre seulement 2 en Europe qui présentent une surconsommation expliquée du fait qu'il s'agit de moteurs à essence adaptés et non de moteurs créés spécifiquement pour fonctionner à l'éthanol.
- Ethanol déshydraté en mélange avec du diesel : Cette filière permet également d'utiliser l'éthanol dans des moteurs diesel non modifiés. Cette filière n'en est aujourd'hui qu'à sa phase pilote et deux solutions sont testées actuellement :
 - Ethanol mélangé à hauteur de 3%, sans modification moteur ni additif : cette pratique est testée entre autres au Brésil. Le bon fonctionnement du mélange dépend fortement de la qualité du diesel.
 - Ethanol mélangé à hauteur de 10 à 15%, sans modification moteur mais en présence d'un solubilisant permettant d'obtenir un mélange stable et d'éviter la séparation des phases : cette solution est actuellement testée en Suède sur des autobus ainsi qu'au Danemark.

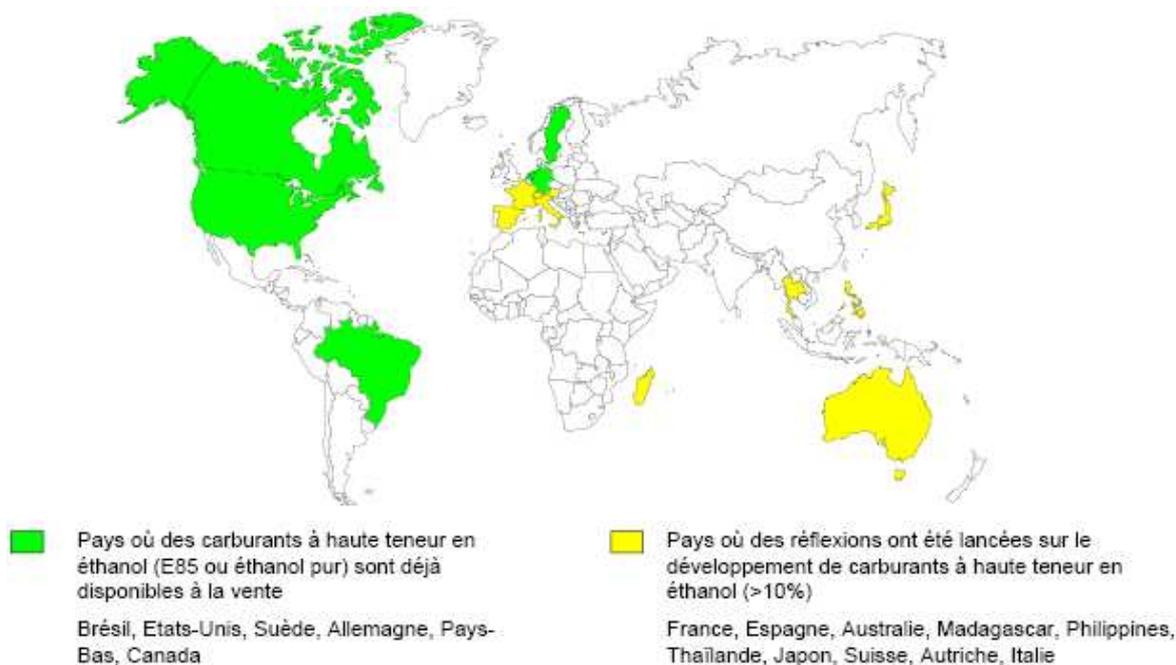


Figure 3: Les pays engagés dans le développement de carburants à haute teneur en éthanol (Groupe de travail sur le soutien au développement de la filière E85, 2006)

- **ETBE** : l'éthanol déshydraté peut être utilisé sous forme d'ETBE (Ethyl tertio butyl éther), produit résultant de sa synthèse avec une base pétrolière issue des raffineries (isobutène). L'incorporation d'ETBE présente plusieurs avantages : pas de problème de volatilité, gain d'indice d'octane élevé, parfaite tolérance à l'eau. L'ETBE est ainsi la filière d'utilisation du bioéthanol la plus largement développée en Europe. A sa défaveur, la production d'ETBE nécessite des infrastructures et surtout une matière première (le naphta) que seules les grandes raffineries pétrolières peuvent s'offrir à un coût acceptable. (Source: *Laboratory of Energy Systems* <http://lasen.epfl.ch>)

1.2. FILIERE DES BIOCARBURANTS OLEAGINEUX (HUILES, BIODIESEL)

L'huile végétale carburant (dit HVC), aussi connue sous le nom d'huile végétale pure (HVP) ou brute (HVB), correspond à l'huile brute ou raffinée, produite à partir de plantes oléagineuses telles que le colza, le tournesol, le soja etc. sans modification chimique par pression, extraction ou procédés comparables. Elle peut être techniquement utilisée jusqu'à 100% comme biocarburant pour tous les moteurs diesel, sous réserve de modifications mineures. En effet, les caractéristiques des huiles (forte densité, viscosité élevée, vaporisation difficile, comportement à froid) peuvent entraîner des perturbations dans les moteurs, en particulier une tendance à former des dépôts dans la chambre de combustion avec un risque d'encrassement. La mise en œuvre d'artifices spécifiques tels qu'un réchauffeur peut réduire de façon significative les problèmes liés à la « pompabilité » des huiles. (Source : *IFP, non daté*)

En France, la commercialisation des huiles végétales pures est autorisée comme carburant agricole et les collectivités peuvent les utiliser à titre expérimental (hors transport de passagers) dans le cadre de protocoles signés avec l'Etat (Source : www.ifp.fr). En Allemagne et en Belgique, les HVP sont en vente libre et sont totalement exonérées de taxes. Des milliers d'automobilistes les utilisent et plus de 200 stations services en proposent.

Afin d'obtenir des caractéristiques similaires au gazole et au fioul domestique, les huiles végétales peuvent subir une transformation chimique (transestérification avec du méthanol) en Esters Méthyliques d'Huile Végétale (EMHV) – dits « biodiesel ».



Figure 4 : La filière Biodiesel (www.ifp.fr)

Les EMHV peuvent être utilisés en mélange avec du gazole dans les moteurs diesel classiques pour véhicules routiers. En France, le biodiesel peut être utilisé jusqu'à 5% en mélange avec du diesel d'origine fossile mais aussi avec un taux de mélange de 30% pour les flottes urbaines captives. En Autriche, Allemagne et en Suisse, le biodiesel est aussi utilisé pur. Des filières de production d'EMHV à partir de graisses animales mais aussi de graisses végétales usagées (typiquement huiles de cuisson)¹ représentent un réel potentiel pour l'avenir. (Source: *Laboratory of Energy Systems* <http://lasen.epfl.ch>)

A l'heure actuelle, le processus de synthèse des EEHV (esters éthyliques d'huile végétale) obtenus en remplaçant le méthanol par de l'éthanol dans le processus de fabrication des EMHV est en cours de normalisation. Il s'agit d'un procédé innovant qui pourrait aboutir à la production d'un biodiesel 100% « bio » du fait de l'utilisation d'éthanol issu de la biomasse au lieu du méthanol obtenu à partir de gaz.

¹ Actuellement, l'utilisation des huiles usagées comme carburant semble être une pratique illégale en France en regard de la réglementation sur l'élimination des déchets (*Arrêté du 8/10/2003 modifiant l'arrêté du 16/03/1989 portant application du décret n°86-1037 du 15 septembre 1986 relatif à la commercialisation des produits et substances destinés à l'alimentation animale, JO du 18 octobre 2003*) qui impose l'enlèvement des huiles par une entreprise spécialisée (dont l'activité doit être déclarée en préfecture lorsque la quantité transportée est supérieure à 0,5 tonnes par chargement). (Source : *Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris* www.environnement.ccip.fr)

1.3. LES BIOCARBURANTS DE DEUXIEME GENERATION

Les biocarburants de la première génération sont fabriqués à partir des graines de colza, maïs, tournesol ou de la racine de betterave etc. La valorisation de la matière première cellulosique (bois, paille, résidus de bois, déchets végétaux), ressource plus abondante et meilleur marché, constitue l'une des solutions les plus prometteuses en matière de biocarburants de 2^{ème} génération.

Deux options sont envisagées à ce jour :

- Celle qui aboutit à la production d'alcool (éthanol ou méthanol). L'éthanol de 2^{ème} génération est identique à celui produit à partir de betterave ou de canne à sucre et le Canada est le premier pays du monde à la développer.
- Celle qui permet de produire des esters d'huile (ce biodiesel de 2^{ème} génération est chimiquement différent du biodiesel à base d'esters d'huile végétale), cette option est essentiellement envisagée par l'Europe. (Source : CITEPA, 2006)

2. LEGISLATION

2.1. CADRE EUROPEEN

Les programmes européens « AUTO OIL » en 1992 puis « AUTO OIL II » en 1997 visent à réduire la pollution atmosphérique urbaine d'origine automobile grâce à des orientations techniques et législatives pour les carburants et les véhicules du futur. Menés conjointement par la Commission Européenne, les industries pétrolières et les constructeurs automobiles, ils privilégient des mesures ayant le meilleur rapport coût/efficacité pour les parties prenantes.

Suite aux résultats des travaux menés dans le cadre de ces programmes, le Parlement Européen et le Conseil ont adopté 2 directives le 13 octobre 1998 relatives à la qualité des carburants et aux émissions des véhicules à moteur :

- La **Directive 98/70/CE** fixe les spécifications techniques applicables aux carburants destinés à être utilisés par les véhicules équipés de moteur à allumage commandé et de moteur à allumage par compression. Elle autorise réglementairement l'incorporation d'éthanol jusqu'à 5%, d'ETBE jusqu'à 15% dans l'essence (Directive de référence 85/538/CE) et d'EMHV jusqu'à 5% dans le gazole pour une vente banalisée à la pompe et jusqu'à 30% pour les flottes captives (bus, VUL PL) (Source : IFP, 2004). Il est à noter aussi que l'huile végétale pure est considérée ici comme un biocarburant.
- La **Directive 98/69/CE** fixe les mesures à prendre contre la pollution de l'air par les émissions des véhicules à moteur (modifiant la Directive 70/220/CEE).

D'autres Directives sont prises en 2003 :

- La **Directive 2003/30/CE** du 8 mai 2003 vise à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports. Elle fixe un pourcentage minimal des biocarburants mis en vente avec des objectifs de 2% de la quantité totale d'essence et de gazole pour le 31 décembre 2005 au plus tard et de 5,75% pour le 31 décembre 2010 au plus tard. De plus, elle impose un étiquetage spécifique aux points de vente lorsque le pourcentage de biocarburants mélangés à des dérivés d'huiles minérales dépasse la valeur limite de 5% d'EMHV ou de bioéthanol.
- La **Directive 2003/96/CE** permet aux états membres d'appliquer une réduction de taxe en faveur des biocarburants (Art. 16).

2.2. CADRE NATIONAL

La **Loi d'Orientation sur l'Energie n°2005-781** du 13/07/2005 fixe les orientations de la politique énergétique nationale qui doit s'inscrire dans le cadre européen. L'objectif général de cette loi est de satisfaire 10% des besoins énergétiques de la France à partir de sources d'énergies renouvelables.

Compte tenu de leur intérêt spécifique, notamment en matière de lutte contre l'effet de serre, l'Etat soutient le développement des biocarburants et encourage l'amélioration de la compétitivité de la filière. A cette fin, l'Etat crée, notamment par l'agrément de capacités de production nouvelles, les conditions permettant de porter, conformément à nos engagements européens, à 2 % au 31 décembre 2005 et à 5,75 % au 31 décembre 2010 la part des biocarburants et des autres carburants renouvelables dans la teneur énergétique de la quantité totale d'essence et de gazole mise en vente sur le marché national à des fins de transport.

Cette loi ne reconnaît pas l'huile végétale pure comme un biocarburant, contrairement à la législation européenne.

D'après l'**article 265 Bis A du Code des Douanes**, les biocarburants bénéficient, dans la limite des quantités fixées par agrément, d'une réduction de la taxe intérieure de consommation. Cette réduction est modulée en fonction de l'évolution des cours des matières premières agricoles et des énergies fossiles et de la productivité des filières agro-industrielles concernées. Elle doit permettre d'assurer la compétitivité des biocarburants par rapport aux carburants fossiles sans toutefois aboutir à une surcompensation de l'écart de prix de revient entre ces produits.

A compter du 1^{er} janvier 2006, cette réduction est fixée à :

- a) 25 euros par hectolitre pour les esters méthyliques d'huile végétale et les esters méthyliques d'huile animale incorporés au gazole ou au fioul domestique ;

- b) 33 euros par hectolitre pour le contenu en alcool des dérivés de l'alcool éthylique incorporés aux supercarburants dont la composante alcool est d'origine agricole ;
- c) 33 euros par hectolitre pour l'alcool éthylique d'origine agricole incorporé aux supercarburants ou au superéthanol E85 repris à l'indice d'identification 55 ;
- d) 25 euros par hectolitre pour le biogazole de synthèse et 30 euros par hectolitre pour les esters éthyliques d'huile végétale, incorporés au gazole ou au fioul domestique.

En parallèle, l'**article 32 de la Loi de Finance 2005** introduit un prélèvement supplémentaire (Taxe Générale sur les Activités Polluantes) sur la vente d'essence et de gazole ne comportant pas une proportion minimum de biocarburants.

Concernant les huiles végétales pures, l'**article 265 ter du Code des Douanes** autorise l'utilisation comme carburant agricole d'huile végétale pure par les exploitants ayant produit les plantes dont l'huile est issue. Les huiles végétales bénéficient, dans ces conditions d'utilisation, d'une exonération de la taxe intérieure de consommation. A compter du 1^{er} janvier 2007, les huiles végétales pures peuvent être utilisées, pures ou en mélange, comme carburant dans les flottes captives des collectivités territoriales ayant conclu un protocole avec le préfet et le directeur régional des douanes territorialement compétent. Les huiles sont utilisées sous l'entière responsabilité des utilisateurs et soumises à la taxe intérieure de consommation au tarif applicable au gazole identifié à l'indice 22.

Enfin, l'**article 265 quater** mentionne qu'à partir du 1^{er} janvier 2007 la vente d'huiles végétales pures en vue de son utilisation comme carburant agricole, comme carburant pour les véhicules des flottes captives des collectivités territoriales ou pour l'avitaillement des navires de pêche est autorisée.

3. BILANS ENERGETIQUES DES BIOCARBURANTS

Selon les auteurs d'un rapport établi pour l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Techniques publié en mars 2006, les biocarburants entraînent une économie d'énergie fossile malgré la dépense énergétique faite pour les produire. A énergie restituée identique, il faut environ trois fois moins d'énergie non renouvelable pour produire les EMHV que pour produire un litre d'essence. Il en faut deux fois moins pour l'éthanol de blé ou de betterave (*Source : IFEN, 2005*).

A la demande de la Direction des Ressources Energétiques et Minérales (DIREM) et de l'ADEME, une étude dite Ecobilan a été réalisée en 2002 sur les bilans énergétiques et émissions de gaz à effet de serre (GES) des filières de productions de biocarburants et de carburants fossiles et ce, à partir de l'expérience française de production de biocarburants.

Selon cette étude, les résultats des bilans des filières actuelles montrent un bon positionnement de l'ensemble des filières biocarburants par rapport aux filières de carburants classiques. Une synthèse de ces résultats est présentée dans le tableau ci-après :

Bilan énergétique	
Filière Ethanol / Ether et Essence	Rendement (Energie produite / Energie non renouvelable consommée)
Essence (50ppm soufre)	0,873
Ethanol de blé	2,05
Ethanol de betterave	2,05
ETBE de blé	1,02
ETBE de betterave	1,02
Filière huile végétale / EMHV et gazole	Rendement (énergie produite / énergie non renouvelable consommée)
Gazole (50ppm soufre)	0,917
Huile de colza	4,68
Huile de tournesol	5,48
EMHV de colza	2,99
EMHV de tournesol	3,16

Tableau 1 : Bilans énergétiques des filières biocarburants complètes (ADEME, 2002)

Les résultats de l'étude Ecobilan mettent en évidence un avantage au développement des filières biocarburants avec des bilans énergétiques nettement supérieurs à celui des carburants classiques. Cependant, les résultats des études réalisées sur les biocarburants dépendent beaucoup de la méthode retenue pour allouer aux biocarburants et aux coproduits les consommations d'énergie et les émissions de GES mises en jeu lors du processus de fabrication. L'étude présentée précédemment (Etude Ecobilan de l'ADEME/DIREM 2002) utilise l'imputation massique, consistant à affecter les consommations d'énergie et les émissions de GES aux biocarburants et à leurs coproduits en fonction de leurs

masses respectives. Certains coproduits très pondéreux tendent donc à diminuer la part attribuée aux biocarburants et à améliorer artificiellement les bilans présentés dans cette étude. L'association Energie Durable En Normandie (EDEN) a utilisé la méthode dite systémique pour recalculer les bilans énergétiques des biocarburants. Cette méthode consiste à calculer la totalité des coûts énergétiques de la filière puis à y retrancher les économies en énergie et en GES réalisées du fait de la réutilisation des coproduits.

	EE ADEME/DIREM 2002	EE de l'ensemble de la filière EDEN 2006
Ethanol de blé	2,05	1,10
Ethanol de betterave	2,05	1,19
EMHV de colza	2,99	1,65

Tableau 2 : Comparaison de l'Efficacité Énergétique (EE) calculée à partir de deux méthodes différentes (RACF, 2006)

La comparaison de deux méthodes de calculs différentes montre que, quelque soit le mode de calcul utilisé, les bilans énergétiques des principales filières de biocarburants sont supérieurs à ceux des carburants classiques, avec une efficacité énergétique supérieure à 1 dans la totalité des cas considérés. Toutefois, la méthode « systémique » indique des bilans moins élevés que ceux présentés par l'étude Ecobilan de l'ADEME.

La méthode « systémique » consiste, dans un deuxième temps, à prendre en compte la valorisation des coproduits de la filière dans le calcul des rendements énergétiques. Les résultats présentés dans le tableau suivant montrent l'importance de cette étape : les bilans énergétiques sont nettement améliorés lorsque la valorisation des produits est prise en compte. (Source : Réseau Action Climat France, 2006)

	EE de l'ensemble de la filière EDEN 2006	EE compte tenu des économies générées par l'utilisation en alimentation animale EDEN 2006
Ethanol de blé	1,10	1,43
Ethanol de betterave	1,19	1,31
EMHV de colza	1,65	2,19

Tableau 3 : Importance de la valorisation des coproduits dans les bilans énergétiques (RACF, 2006)

Parallèlement à ce type d'étude, les biocarburants ont été évalués en terme de capacité énergétique. En effet, même si le consommateur ne percevra aucune différence à la pompe, la valeur énergétique du volume vendu sera différente selon la nature et la forme d'incorporation du biocarburant.

La valeur énergétique d'un carburant est mesurée par le « Pouvoir calorifique Inférieur » (PCI), qui mesure la quantité d'énergie libérée lors de la combustion d'une unité de combustible. Les études menées démontrent que le PCI des biocarburants est généralement inférieur à celui des carburants auxquels ils se substituent.

4. BILAN D'ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

De nombreuses études ont été réalisées pour évaluer l'impact des biocarburants sur les émissions de polluants dans l'atmosphère. Cependant, il est à noter que la composition des carburants a sensiblement évolué ces dernières années (forte diminution de la teneur en aromatiques et en soufre) entraînant une précaution indispensable à prendre quant à l'interprétation des résultats issus de bilans passés. De plus, les résultats des travaux réalisés ne peuvent en général pas être comparés directement les uns aux autres, les méthodologies utilisées et les cycles étudiés étant la plupart du temps différents et souvent partiels.

4.1. FILIERE ETHYLIQUE

- Le gouvernement australien a publié en 2003 les résultats d'une étude visant à déterminer l'impact de l'ajout de 20% d'éthanol dans l'essence sur un échantillon de la flotte australienne des véhicules particuliers (*Source : www.environment.gov.au*). Pour ces travaux, un total de 14 véhicules a été sélectionné :
 - 10 véhicules récents (5 paires),
 - 4 véhicules anciens.

Avant toute présentation de résultats, il convient de préciser que les valeurs d'émissions obtenues dépendent de plusieurs paramètres : modèles de véhicules testés, méthodes et technologies employées, cycles étudiés. D'une manière générale, les résultats mettent en évidence une diminution plus ou moins importante des émissions des principaux polluants dans l'atmosphère. A l'inverse, dans le cas des oxydes d'azote, ceux-ci sont émis en plus grande quantité lors de l'utilisation du mélange à 20% d'éthanol par rapport à l'utilisation d'essence pure sauf dans le cas d'une circulation sur autoroute des véhicules classés « récents ».

Moyenne sur la période	Circulation sur voies moyennes		Circulation sur autoroutes	
	Véhicules récents	Véhicules anciens	Véhicules récents	Véhicules anciens
THC (g/km)	-25%	-4%	-25%	-10%
CO (g/km)	-27%	-70%	-48%	-76%
NOx (g/km)	+29%	+9%	-9%	+10%
CO2 (g/km)	~0%	+2%	-1%	+1%

Tableau 4 : Comparaison des émissions issues d'un mélange 20% éthanol par rapport à de l'essence pure (Australian Gov., 2003)

- En 2005, l'Institut Français du Pétrole (IFP) a mené un programme de recherche visant à affiner les connaissances et actualiser les données sur l'impact de l'incorporation d'éthanol dans les essences sur les émissions de polluants, selon 3 axes de recherche :
 - évaluation de l'impact de l'incorporation d'éthanol sur les émissions polluantes à l'échappement et par évaporation,
 - évaluation de l'impact de la pression de vapeur sur les émissions polluantes à l'échappement et par évaporation,

- évaluation de la sensibilité à l'éthanol des différentes technologies qui cohabiteront dans les années à venir.

Les essais ont montré que l'incorporation de 5% d'éthanol modifie peu les émissions de polluants à l'échappement des véhicules testés. Les pertes par évaporation dépendent de la tension de vapeur Reid (TVR) du carburant et non de la teneur en éthanol. Enfin, le potentiel de formation d'Ozone a été évalué et aucun impact notable de l'éthanol sur la réactivité vis-à-vis de la formation d'ozone n'a été relevé (Source : IFP 2006 d'après CITEPA).

- Le département de la Marne conduit actuellement une expérimentation « flexfuel » en partenariat avec l'IFP et l'ADEME avec la mise en service, le 1^{er} juin 2006 de la première flotte de véhicules « flexfuel » (composée de 7 véhicules Ford Focus et C-Max).

Les tests réalisés sur les véhicules à partir de cycles normalisés ont conduit aux résultats suivants :

- une nette réduction des émissions de CO et de NOx,
- une stabilité des émissions brutes de CO₂,
- une réduction des émissions de benzène,
- l'apparition d'une faible quantité d'acétaldéhyde (mais une réduction sensible de formaldéhyde et de benzène dont la toxicité est reconnue), résultat d'une oxydation partielle de l'éthanol.

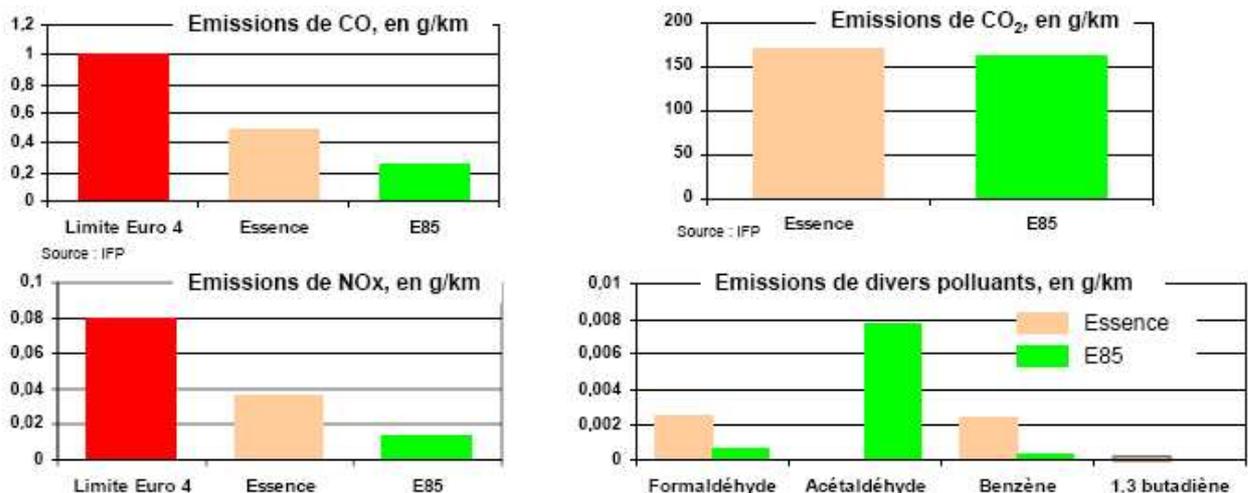


Figure 5 : Essais « Flexfuel » 2006 (Groupe de travail sur le soutien au développement de la filière E85, d'après IFP)

4.2. FILIERE OLEAGINEUSE

4.2.1. HUILES VEGETALES PURES

- La Communauté de Communes du Villeneuvois a mené en 2006 une expérimentation, en partenariat avec l'Institut Français des Huiles Végétales Pures, sur l'utilisation d'un carburant contenant 30% d'HVP de tournesol sur 10 véhicules de collecte des déchets ménagers pendant une période d'une année. Les premières analyses ont été réalisées à l'issue de cette période. Les gaz d'échappement ont été mesurés par la société Top Machines Aquitaine. Les résultats de ces analyses sont positifs et ont montré une diminution des émissions de CO, CO₂ et d'HC.
- Au Danemark, des tests ont été réalisés par le Centre Danois de Technologie sur les Huiles Végétales (<http://www.folkecenter.dk>) sur l'utilisation d'huile végétale de colza et son impact sur les émissions de gaz. Les

principaux résultats sont présentés dans le tableau suivant et concernent les émissions d'un véhicule de type Volkswagen Golf 1.6D 1984 (moteur aux normes d'émissions Euro 1).

	CO (g/km)	THC (g/km)	NOx (g/km)	PM (g/km)
Gazole	1,00	0,35	0,53	0,12
Huile de colza	0,58	0,13	0,43	0,07
% différentiel Huile / Gazole	-42%	-69,2%	-18,9%	-41,7%

Tableau 5 : Impact de l'utilisation d'huile végétale de colza en comparaison avec le gazole (www.folkecenter.dk)

4.2.2. EMHV

- L'IFP a mené des essais en 2000 sur des moteurs aux normes d'émission Euro 2, réglés pour une application bus, sans post-traitement des gaz d'échappement. Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-après et mettent en évidence un impact favorable de l'utilisation d'EMHV à 30% sur les émissions dans l'atmosphère des principaux polluants:

	Teneur en EMVH	Oxyde d'azote (NOX) ²	Monoxyde de carbone (CO) ²	Hydrocarbures imbrûlés (HC) ²	Particules ²	Fumées ³
Gazole (Euro2000)	0	6,09	0,41	0,31	0,0613	0,744
EMVH à 30%	30	5,83	0,36	0,27	0,0499	0,593
% différentiel EMVH30 / gazole		-4,30%	-12,20%	-12,90%	-18,60%	-20,30%

Tableau 6 : Impact de l'EMHV sur la pollution de l'air par rapport au gazole pur (ADEME, d'après IFP 2000)

Par ailleurs, l'EMHV ne contenant que des traces de soufre, son utilisation réduit les émissions des dérivés soufrés (SO_x, SO₂). Enfin, sa biodégradabilité est quasi-complète.

- En 2002, l'US EPA (United States Environmental Protection Agency) publie ses résultats d'analyse de l'impact des émissions dues à l'utilisation de biodiesel utilisé en mélange (à un taux de 20% en volume) comme carburant pour la flotte de poids lourds aux Etats-Unis. Ces travaux consistent en une analyse basée sur des résultats d'essais de sources diverses dont les données sont disponibles et diffusées de manière publique. Ils concernent les poids lourds puisque la majorité des données récoltées traitaient de ce type d'engins. Les données analysées datent de 1997. Une analyse statistique a permis d'établir une corrélation entre la concentration en biodiesel dans un carburant diesel conventionnel et les modifications d'émissions des principaux polluants atmosphériques

² En g/KWh selon le cycle ESC (European Steady – Stade Cycle)

³ En m⁻¹ selon le cycle ELR (European Lead Response)

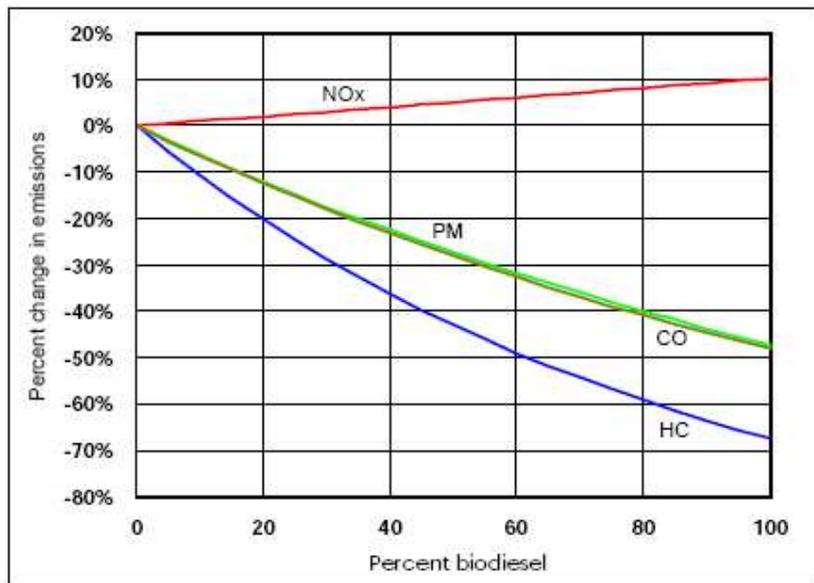


Figure 6 : Impact des émissions de biodiesel selon le pourcentage en mélange (EPA, 2002)

Un des mélanges les plus utilisés contient 20% en biodiesel et 80% en gazole. Les principaux résultats pour ce mélange sont présentés dans le tableau suivant.

	Percent change in emissions
NOx	+ 2,0%
PM	- 10,1 %
HC	- 21,1%
CO	- 11,0%

Tableau 7 : Impact des émissions de biodiesel (mélange 20% en volume) par rapport au gazole pur (EPA, 2002)

Une réduction des émissions a été mise en évidence pour la plupart des polluants, les impacts différant d'un composé à un autre. En revanche, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence concernant les émissions de CO₂. Cette analyse a aussi fait apparaître des impacts différents selon le type de biodiesel utilisé (soja, colza ou graisses animales) mais pas en fonction de l'année de fabrication des engins.

4.3. BILAN DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Entre 1990 et 2004, les transports sont, avec le secteur résidentiel tertiaire, la seule source de GES à avoir vu ses émissions augmenter avec une augmentation de 27% pour les transports dans leur ensemble et 19% pour les seuls transports routiers.

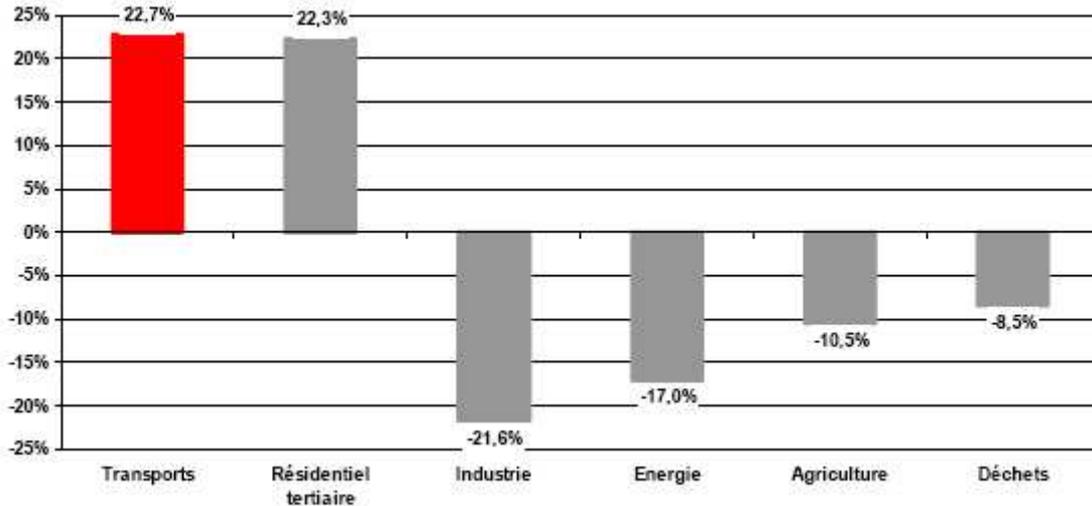


Figure 7 : Evolution des émissions de GES en France entre 1990 et 2004, Calculs en Teq CO₂ (MEDD/CITEPA, 2006)

En 1999, les transports routiers sont l'une des principales sources de gaz à effet de serre en région PACA (25% des émissions totales).

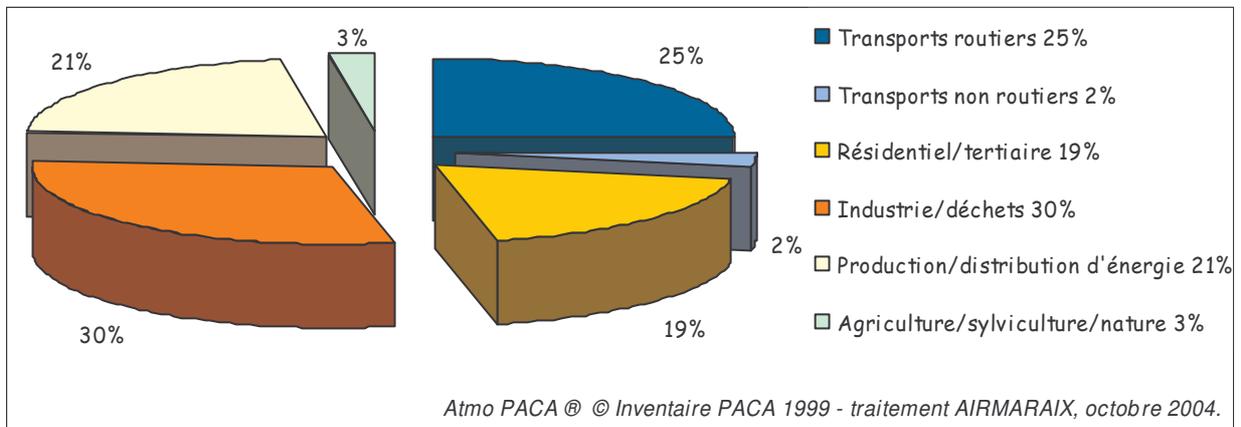


Figure 8 : Emissions de GES par secteur en région PACA en 1999

L'intérêt des biocarburants en termes d'émissions polluantes classiques a, ces dernières années, été dépassé par leur intérêt en termes des nouveaux enjeux : bilan des émissions de gaz à effet de serre et alternative au tout-pétrole. Selon les résultats de l'étude Ecobilan de l'ADEME et de la DIREM, en termes de bilan des émissions de GES, les filières de production des biocarburants présentent un gain important par rapport aux filières de carburants fossiles. Les résultats obtenus sont synthétisés dans les tableaux suivants.

Unité	Essence (50 ppm soufre)	Ethanol blé	Ethanol betterave	ETBE blé	ETBE betterave
g CO ₂ e/MJ	85,9	34,4	33,6	70,5	70,3
g CO ₂ e/Kg	3650	922	902	2530	2522

Tableau 8 : Bilan GES de la filière Ethanol complète avec hypothèse de combustion totale (ADEME/DIREM, 2002)

Unité	Gazole (50 ppm soufre)	Huile colza	Huile tournesol	EMHV colza	EMHV tournesol
g CO ₂ e/MJ	79,3	17,8	13,2	23,7	20,1
g CO ₂ e/Kg	3390	660	498	888	745

Tableau 9 : Bilan GES de la filière Biodiesel complète avec hypothèse de combustion totale (ADEME/DIREM, 2002)

Comme précédemment (Cf. Paragraphe **Bilan énergétique des Biocarburants**) les résultats de l'étude Ecobilan sont obtenus par une méthode de calcul contribuant à une amélioration artificielle des bilans. Le tableau suivant compare les résultats de l'étude Ecobilan avec ceux issus de la méthode de calcul dite « systémique » (association EDEN).

	IES ADEME/DIREM 2002	IES de l'ensemble de la filière EDEN 2006
Ethanol de blé	34,4 g eq CO ₂ /MJ = 40% de l'IES essence	76,5 à 94,6 g eq CO ₂ /MJ = 89 à 110% de l'IES essence
Ethanol de betterave	33,6 g eq CO ₂ /MJ = 39% de l'IES essence	64,4 à 74 g eq CO ₂ /MJ = 74 à 86% de l'IES essence
EMHV de colza	23,7 g eq CO ₂ /MJ = 30% de l'IES essence	51,2 à 69,8 g eq CO ₂ /MJ = 55 à 72% de l'IES essence

Tableau 10 : Comparaison de l'Indicateur Effet de Serre (IES) calculé en g eq CO₂/MJ à partir de deux méthodes différentes (RACF, 2006)

De la même manière que pour les bilans énergétiques, les bilans de gaz à effet de serre calculés par la méthode systémique sont un peu moins avantageux. Toutefois, les émissions de GES des filières biocarburants sont quand même inférieures aux émissions générées par les filières des carburants classiques, à l'exception de la filière Ethanol de blé qui peut présenter des rejets légèrement supérieurs.

	IES de l'ensemble de la filière EDEN 2006	IES compte tenu des économies générées par l'utilisation en alimentation animale EDEN 2006
Ethanol de blé	76,5 à 94,6 g eq CO ₂ /MJ = 89 à 110% de l'IES essence	45 g eq CO ₂ /MJ = 52% de l'IES essence
Ethanol de betterave	64,4 à 74 g eq CO ₂ /MJ = 74 à 86% de l'IES essence	57 g eq CO ₂ /MJ = 66% de l'IES essence
EMHV de colza	51,2 à 69,8 g eq CO ₂ /MJ = 55 à 72% de l'IES essence	20,3 g eq CO ₂ /MJ = 26% de l'IES gazole

Tableau 11 Importance de la valorisation des coproduits dans les bilans GES (RACF, 2006)

Là encore, la valorisation des coproduits semble constituer une étape primordiale qui permettrait d'améliorer nettement les bilans d'émissions de GES pour l'ensemble des filières biocarburants étudiées.

5. CONCLUSION

Les biocarburants semblent présenter de nombreux avantages en termes d'impacts environnementaux. Leurs filières de production présentent des bilans énergétiques et des bilans d'émissions de GES plus favorables que pour les carburants classiques d'origine fossile. En ce qui concerne les émissions dans l'atmosphère des principaux polluants, les études réalisées sont nombreuses et traitent de cas divers (pourcentage de biocarburant utilisé en mélange à l'essence ou au gazole, types et âges des véhicules testés, polluants mesurés...) rendant difficile une comparaison directe des résultats. **D'une manière générale, l'utilisation de biocarburants semble émettre des quantités moindres en polluants atmosphériques.**

- Ceci est essentiellement marqué pour les émissions de CO et d'HC, en particulier avec la filière des HVP avec des diminutions de l'ordre de 50% pour ces deux polluants. L'utilisation de bioéthanol a permis de constater des diminutions allant de 10 à 40% pour le CO et d'environ 20% pour les HC. L'utilisation du biodiesel permettrait des réductions d'émissions autour de 10 à 15 % pour le CO, et de 15 à 20% pour les HC.
- L'utilisation des biocarburants ne semble pas avoir d'influence significative sur les rejets directs de CO₂ (réduction en moyenne de 1 à 2%). Ces valeurs concernent bien évidemment les émissions directes de CO₂, c'est-à-dire les rejets à l'échappement et ne tiennent pas compte de l'ensemble de la filière.
- L'impact de l'utilisation des biocarburants sur les émissions d'oxydes d'azote est plus difficilement synthétisable. En effet, les études présentent des résultats qui diffèrent, parfois positifs parfois négatifs, selon l'étude réalisée. Une tendance à la hausse des émissions de NOx semble cependant être rencontrée plus fréquemment.
- Enfin, certains polluants ne sont pas systématiquement étudiés et peu de résultats les concernent. Ainsi, l'utilisation d'éthanol à 85% semble contribuer à une légère augmentation des émissions d'acétaldéhyde (à mettre en regard de la réduction d'émissions de formaldéhyde et de benzène, composés toxiques reconnus). L'introduction de biodiesel donne des résultats positifs sur les émissions de particules avec une réduction de l'ordre de 20% lors d'une utilisation d'un mélange à hauteur de 30% en biodiesel. L'utilisation des HVP semble contribuer à une réduction des émissions de particules de l'ordre de 40%.

Cependant, il est aussi important de considérer les impacts de ces biocarburants, non pas uniquement en termes de rejets directs dus à leur utilisation mais d'une manière plus globale, en considérant l'intégralité des processus de leurs filières de production, depuis la culture des matières premières nécessaires jusqu'à la valorisation possible des coproduits. Ainsi, si la filière biodiesel issue du colza a un bon rendement énergétique par volume de biocarburant, ce bilan est moindre par hectare de terre cultivée en raison du faible rendement à l'hectare du colza. L'accélération de la production de cultures énergétiques pourrait stimuler une production agricole intensive à forts intrants (fertilisants et pesticides), entraînant un impact négatif sur la qualité des eaux et des sols (*Source : CITEPA, 2006*). Pour atteindre les objectifs fixés dans la réglementation (5,75% de biocarburants mélangés au gazole à l'horizon 2010), la culture de colza nécessiterait la mobilisation de l'intégralité des terres actuellement en jachère. Ceci ne semble ni réalisable ni même souhaitable du fait de l'importance des jachères en terme de biodiversité. Des cultures énergétiques se substitueraient donc obligatoirement aux cultures alimentaires, sans que cela ait fait l'objet d'études sérieuses (*Source : Réseau action Climat France, 2006*).

En fin de chaîne, une valorisation systématique des coproduits constitue un élément important pour une pérennisation de ces filières. Ainsi, les résidus de culture (pailles, feuilles) pourraient être valorisés pour produire une énergie (biogaz) qui pourrait être réinjectée dans le processus de fabrication des biocarburants. Les coproduits, comme les tourteaux, peuvent être aussi valorisés en alimentation animale par exemple.

Enfin, des recherches sont actuellement en cours concernant les biocarburants de deuxième génération. Dans ce cas-là, les biocarburants ne nécessiteraient plus de cultures leur étant spécifiquement dédiées mais seraient produits à partir de matières de base issues d'une valorisation de la matière cellulosique (paille, résidus de bois, déchets végétaux...).

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADEME, 2006 – *Bilan énergétique et émissions de GES des carburants et biocarburants conventionnels, Convergences et divergences entre les principales études reconnues (citées)*.

ADEME/DIREM/PricewaterhouseCoopers, 2002 – *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France*, Rapport Technique

ADEME/DIREM/PricewaterhouseCoopers, 2002 – *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France*, Note de synthèse

Assemblée Nationale, 2006 – *Rapport d'information N°3397* déposé par la Commission des Affaires Economiques, de l'Environnement et du Territoire

Australian Government, 2004 – *Setting national fuel quality standards, Discussion Paper on Diesohol* prepared by Department of the Environment and Heritage

Australian Government, 2003 – *Setting national fuel quality standards, National standard for biodiesel use, Discussion Paper*

Australian Government, 2003 – *A Testing based Assessment to determine impacts of 20% Ethanol Gasoline fuel blend on the Australian passenger vehicle fleet*, Orbital Engine Company, report to Environment Australia.
<http://www.environment.gov.au/atmosphere/fuelquality/publications/testing-passenger-fleet/summary.html>

CCV, 2006 – *Bilan d'une année d'expérimentation avec les Huiles Végétales Pures* (Octobre 2005-2006), Démarche expérimentale, Bilan de l'expérimentation

CCV / IFHVP, 2006 – *Expérimentation sur l'utilisation d'un carburant à 30% d'huiles végétales pures sur 10 véhicules de collecte des déchets ménagers sur une période de 6 mois*

CITEPA, 2006 - Etudes Documentaires N°158, *Biocarburants : état des lieux, enjeux et perspectives*, dossier réalisé par Marc TUDDENHAM.

IFEN, 2005 – Le 4 pages N°108, novembre-décembre 2005 – *L'intérêt des biocarburants pour l'environnement*.

IFP, 2006 – *Quelles énergies dans les transports de demain ? Les réponses de l'IFP* – Conférence de presse, O.APPERT, Président de l'IFP, P.PINCHON, Directeur Moteurs-Energie de l'IFP.

IFP, 2005 - *Les biocarburants dans le monde*, Panorama 2005.

IFP, 2004 - *Les biocarburants en Europe*, Panorama 2004.

IFP, non daté – *Substituts du gazole pour les moteurs diesel, le cas des huiles végétales pures*, Rapport établi par X. MONTAGNE, N. JEULAND

MEDD / CITEPA, 2006 – *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France en 2004*

MINEFI, 2006 – *Rapport du Groupe de Travail sur le soutien au développement de la filière E85*, établi par Alain PROST, Bruno DURIEUX, Bruno SAUVALLÉ, Alexandre MACAIRE.

OPECST, 2006 – *Les nouvelles technologies de l'énergie et la séquestration du CO2 : aspects scientifiques et techniques*, rapport établi par MM. Christian BATAILLE et Claude BIRRAUX.

Réseau action Climat France, 2006 – *Note sur les biocarburants*

UFIP, 2006 – Les dossiers d'information N°2, mai 2006 – *Les biocarburants*.

US EPA, 2002 – *A comprehensive analysis of biodiesel impacts on exhaust emissions*, Draft technical report, Assessment and Standards Division office on Transportation and Air Quality.

Sites Internet :

Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie : www.ademe.fr

Australian Government, Department of the Environment and Water Resources: www.environment.gov.au

Communauté de Communes du Villeneuvois (Bilan d'une année d'expérimentation avec les Huiles Végétales pures) : <http://www.cc-villeneuvois.fr/bio-carburant-infos.html#bilan2>

Danish Center for Plant Oil Technology: www.folkecenter.dk

European Pure Plant Oil Association: www.eppoa.org

Institut Français des Huiles Végétales Pures : <http://www.ifhvp.org>

Institut Français du Pétrole (IFP) : www.ifp.fr

Laboratory of Energy Systems: <http://lasen.epfl.ch>

Partenaires Diester : <http://www.partenaires-diester.com/>

Portail de l'Union Européenne: <http://eur-lex.europa.eu> (accès au Droit de l'Union Européenne)

Service public de la diffusion du Droit : www.legifrance.gouv.fr

7. LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Bilans énergétiques des filières biocarburants complètes (ADEME, 2002)	10
Tableau 2 : Comparaison de l'Efficacité Energétique (EE) calculée à partir de deux méthodes différentes (RACF, 2006)	11
Tableau 3 : Importance de la valorisation des coproduits dans les bilans énergétiques (RACF, 2006)	11
Tableau 4 : Comparaison des émissions issues d'un mélange 20% éthanol par rapport à de l'essence pure (Australian Gov., 2003)	12
Tableau 5 : Impact de l'utilisation d'huile végétale de colza en comparaison avec le gazole (www.folkecenter.dk)	14
Tableau 6 : Impact de l'EMHV sur la pollution de l'air par rapport au gazole pur (ADEME, d'après IFP 2000)	14
Tableau 7 : Impact des émissions de biodiesel (mélange 20% en volume) par rapport au gazole pur (EPA, 2002)	15
Tableau 8 : Bilan GES de la filière Ethanol complète avec hypothèse de combustion totale (ADEME/DIREM, 2002)	17
Tableau 9 : Bilan GES de la filière Biodiesel complète avec hypothèse de combustion totale (ADEME/DIREM, 2002)	17
Tableau 10 : Comparaison de l'Indicateur Effet de Serre (IES) calculé en g eq CO ₂ /MJ à partir de deux méthodes différentes (RACF, 2006)	17
Tableau 11 Importance de la valorisation des coproduits dans les bilans GES (RACF, 2006)	18

FIGURES

Figure 1 : Schéma de synthèse des principales filières de biocarburants (http://lasen.epfl.ch)	4
Figure 2: La filière Bioéthanol (www.ifp.fr)	4
Figure 3: Les pays engagés dans le développement de carburants à haute teneur en éthanol (Groupe de travail sur le soutien au développement de la filière E85, 2006)	5
Figure 4 : La filière Biodiesel (www.ifp.fr)	6
Figure 5 : Essais « Flexfuel » 2006 (Groupe de travail sur le soutien au développement de la filière E85, d'après IFP)	13
Figure 6 : Impact des émissions de biodiesel selon le pourcentage en mélange (EPA, 2002)	15
Figure 7 : Evolution des émissions de GES en France entre 1990 et 2004, Calculs en Teq CO ₂ (MEDD/CITEPA, 2006)	16
Figure 8 : Emissions de GES par secteur en région PACA en 1999	16

8. GLOSSAIRE

- AASQA** : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air
- ADEME** : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
- BIODIESEL** : Combustible obtenu par transesterification des huiles végétales – voir EMHV
- CCV** : Communauté de Communes du Villeneuveois
- CITEPA** : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
- DIREM** : Direction des Ressources Energétiques et Minérales
- EDEN** : Energie Durable en Normandie
- EE** : Efficacité énergétique
- EEHV** : Ester Ethylique d'Huile Végétale
- EMHA** : Ester Méthylique d'Huile Animale
- EMHV** : Ester Méthylique d'Huile Végétale – dit « biodiesel »
- EPA** : Environment Protection Agency
- EPPOA**: European Pure Plant Oil Association
- ETBE** : Ethyl Tertio Butyl éther
- HVP** : Huile Végétale Pure
- IES** : Indicateur Effet de Serre
- IFEN** : Institut Français de l'Environnement
- IFHVP** : Institut Français des Huiles Végétales Pures
- IFP** : Institut Français du Pétrole
- MEDD** : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
- MINEFI** : MINistère de l'Economie et des Finances
- OPECST** : Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques
- PCI** : Pouvoir Calorifique Inférieur
- RACF** : Réseau Action Climat France
- TIC** : Taxe Intérieure de Consommation
- UFIP** : Union Françaises des Industries Pétrolières