

## Les biocarburants dans le monde

*Le marché des biocarburants est aujourd'hui en plein essor : après plus de 20 ans de développement industriel, la production mondiale de biocarburants affiche des taux de croissance importants. Volonté des États de réduire la dépendance au pétrole et souhait de promouvoir des énergies à faible contenu en carbone sont les principaux moteurs de ce renouveau.*

La production des biocarburants dans le monde augmente actuellement de manière importante. Elle reste essentiellement portée par trois grandes régions : les États-Unis, le Brésil et l'Europe, même si de nombreux autres pays s'intéressent aux carburants d'origine végétale.

### Un développement exponentiel

Les biocarburants sont aujourd'hui considérés comme une réelle alternative aux carburants pétroliers même s'ils ne pourront probablement jamais les substituer complètement. Outre la réduction d'une dépendance chronique au pétrole du secteur des transports, ils permettent également une diminution des émissions de gaz à effet de serre.

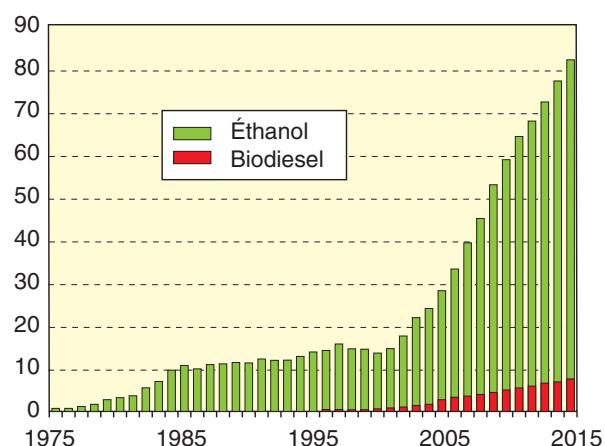
À noter que leur diffusion est plus facile à mettre en œuvre que celle des carburants alternatifs gazeux. En effet, leur mode d'utilisation en mélange aux carburants pétroliers ne nécessite ni développement de nouvelles infrastructures de distribution, ni adaptation des véhicules.

L'actualité apporte chaque jour des preuves de l'essor de ce marché, la diffusion des carburants d'origine végétale se faisant maintenant à l'échelle de la planète. Sur les cinq dernières années, la croissance mondiale de la production de biocarburants a été de l'ordre de 15 %/an. La hausse s'est même accélérée très récemment : entre 2004 et 2005, la production de biodiesel a crû de plus de 60 %. Les biocarburants représentent en 2005 une production totale de 22 Mtep dans le monde (ou environ 31 Mt), un chiffre qui devrait plus que doubler d'ici 2015 (figure 1), compte tenu des objectifs de développement affichés par un certain nombre de pays.

### Les filières de production actuelles

Deux types de biocarburants sont principalement produits et utilisés : l'**éthanol**, dans les moteurs de type essence et les **Esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV)** dans les moteurs de type diesel. La production du premier mobilise aujourd'hui deux grands types de cultures : celle des plantes sucrières (cannes à sucre, betteraves) et celle des plantes amylacées (blé, maïs), la canne à sucre et le maïs contribuant à la majeure partie de la

Fig. 1 Évolution de la production de biocarburants dans le monde, en Mt



Source : F.O. Licht, Christoph Berg, présentation au World Biofuels 2006, Séville mai 2006.

production mondiale d'éthanol. Les autres biocarburants actuels, les EMHV, proviennent d'huiles végétales tirées par exemple du colza, du tournesol ou encore de la palme ou du soja.

À l'échelle mondiale, c'est l'usage de l'éthanol, essentiellement produit et consommé aux États-Unis et au Brésil, qui est largement majoritaire, la consommation d'EMHV, qui reste encore une spécificité européenne, étant environ 10 fois inférieure : la production mondiale d'éthanol carburant en 2005 s'élevait à 27 Mt (18 Mtep) alors que, la même année, la production de biodiesel atteignait près de 4 Mt (3,6 Mtep)<sup>1</sup>. En 2006, la production d'éthanol devrait atteindre 40 Mt, l'usage carburant comptant pour près de 80 % de la production totale d'éthanol, soit près de 32 Mt (21 Mtep). Celle de biodiesel devrait être supérieure à 5 Mt (4,5 Mtep).

### Avantages et inconvénients de l'usage des biocarburants

#### Aspects environnementaux

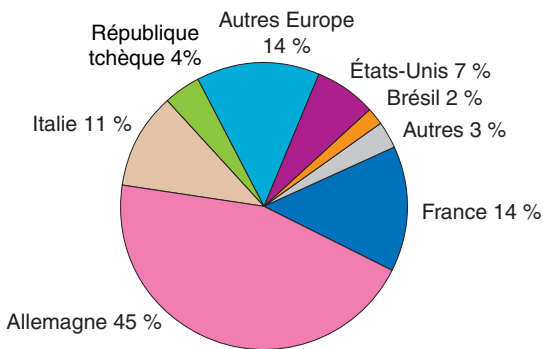
Il est aujourd'hui bien démontré que l'usage des biocarburants en substitution aux carburants conventionnels permet de

(1) Source: FO Licht, 2006.

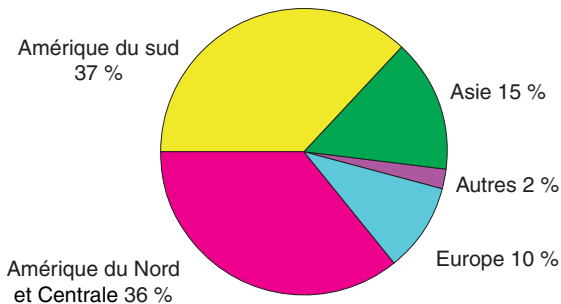
# Les biocarburants dans le monde

Fig. 2 Production de biocarburants dans le monde

**Production mondiale d'EMHV en 2005 ~ 4 Mt**



**Production mondiale d'éthanol en 2005 : 36 Mt (75 % utilisés pour la carburation)**



**Consommation mondiale de pétrole dans les transports routiers : 1,6 Gt**

limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les consommations d'énergie non renouvelable. Il s'agit d'ailleurs de l'un des principaux arguments en faveur de leur usage à grande échelle : utilisés purs, ils peuvent induire un gain en termes de rejet de GES allant jusqu'à 90 % pour les filières les plus efficaces (filière canne à sucre). Si celui-ci est plus faible pour les autres filières de production de carburants d'origine végétale, il reste cependant positif (cf. fiche Panorama « Biocarburants, quels bilans sur l'environnement »). En outre, un gain souvent proche est observable pour ce qui est de la consommation d'énergie fossile nécessaire à leur production. Des études sont par ailleurs en cours auxquelles participe activement l'IFP pour évaluer les autres impacts d'un développement massif des biocarburants sur l'environnement (notamment sur les ressources en eau).

**Aspects économiques**

Les biocarburants présentent également l'avantage, en se substituant au pétrole, de réduire la dépendance à l'or noir et de valoriser des ressources domestiques.

Leur coût, s'il reste élevé, se rapproche avec l'augmentation du cours du baril des prix, hors taxes, des carburants traditionnels : essence et gazole (cf. tableau 1).

Tableau 1 Coûts de production de différents carburants

|      | EtOH Europe | EtOH Brésil | EtOH USA | EMHV Europe | Essence* 60 \$/b | Gazole* 60 \$/b |
|------|-------------|-------------|----------|-------------|------------------|-----------------|
| €/l  | 0,4-0,6     | 0,2         | 0,3      | 0,35-0,65   | 0,32             | 0,36            |
| €/GJ | 19-29       | 10          | 14       | 10,5-20     | 9                | 10              |

Source : AIE/IFP. \* Prix des carburants pour la France, hors taxe, décembre 2006, 1 € = 1,3 \$.

Les coûts particulièrement bas de l'éthanol au Brésil sont même dès aujourd'hui compétitifs avec les carburants pétroliers.

Le développement des biocarburants nécessite encore, dans la grande majorité des cas, un soutien adapté de la part des Pouvoirs publics (pour 2006, ce soutien a été estimé entre 5 et 7 milliards de dollars aux États-Unis<sup>2</sup>). Ceci est d'autant plus vrai qu'aujourd'hui, du fait d'une demande importante, les cours (c'est-à-dire les prix) de l'éthanol aux États-Unis et au Brésil, ou de l'EMHV en Europe sont particulièrement élevés : aux États-Unis, le prix de l'éthanol atteint 3 \$/gal en novembre 2006 (0,6 \$/l, soit près de 730 \$/t, le double des coûts de production annoncés) ; au Brésil, le prix de l'éthanol est d'environ 0,4 \$/l (près du double du coût de production annoncé) ; en Europe, l'EMHV atteint 700 €/t du fait de la flambée des cours de l'huile de colza (cotée à près de 800 \$/t à Rotterdam<sup>3</sup> en novembre 2006) et l'éthanol carburant 0,6 €/l (750 €/t ou un peu plus de 1 100 €/tep).

À noter également que tout comme pour les carburants pétroliers, le coût de production des biocarburants est très dépendant du prix de la matière première qui représente entre 50 % à 90 % du coût final. Ainsi, les évolutions des cours du blé, du maïs, des huiles végétales ou même des graines de colza qui peuvent subir de fortes variations auront une influence importante sur la compétitivité relative des biocarburants par rapport aux produits pétroliers. Ceci d'autant plus que le marché des biocarburants peut représenter une part importante de la valorisation de ces matières premières : 20 % de la production de maïs aux États-Unis sont aujourd'hui « brûlés » en éthanol ; 50 % de la production européenne de colza sont aujourd'hui transformés en biodiesel. On peut même s'attendre à l'avenir, à ce que les cours de ces matières premières soient tirés vers le haut par la demande en biocarburants. À titre d'exemple, les dernières évolutions des cours du maïs aux États-Unis (décembre 2006) sont les plus élevées observées depuis 10 ans (de l'ordre de 120 \$/t), en partie en conséquence du développement important de la filière éthanol outre Atlantique.

(2) Biofuels at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in the United States, D. Koplow, October 2006.

(3) Par comparaison, un pétrole à 70 \$/bl équivaut à environ 500 \$/t.

## Les biocarburants dans le monde

Autres inconvénients des biocarburants, les rendements à l'hectare des principales filières sont relativement faibles : 1 tep/ha pour l'EMHV issu de colza ou de tournesol, 1 à 2 tep/ha pour l'éthanol ex-blé ou maïs et, enfin, 3 à 4 tep/ha pour l'éthanol ex-betterave et ex-canne à sucre. Par ailleurs, un certain nombre de contraintes agronomiques font que toutes les espèces ne peuvent pas être cultivées sur toutes les terres dans les mêmes conditions. En conséquence, le développement massif des biocarburants sur la base des filières aujourd'hui développées signifie à terme une concurrence avec l'alimentaire pour l'usage des terres. Par ailleurs, les quantités importantes de coproduits risquent de saturer leurs débouchés ce qui se traduirait à terme par un renchérissement du coût de production des biocarburants.

10 % de substitution des consommations d'essence et de gazole en Europe et aux États-Unis nécessiteraient respectivement de l'ordre de 20 % et de 25 % des terres arables dans ces régions. Ces chiffres montrent bien les limites des filières biocarburants développées aujourd'hui et la nécessité d'envisager de nouvelles options dans ce domaine si des objectifs plus ambitieux de substitution des carburants pétroliers doivent être atteints. La principale voie envisagée est la valorisation de la matière lignocellulosique (cf. fiche Panorama : « *Les nouvelles filières biocarburants* ») qui élargit le potentiel de matière première utilisable et donc le taux de substitution possible (cf. fiche Panorama : « *Potentiels de mobilisation de la biomasse pour la production de biocarburants à l'échelle du monde, de l'Europe et de la France* »).

### Les marchés des biocarburants dans le monde

#### Les marchés matures

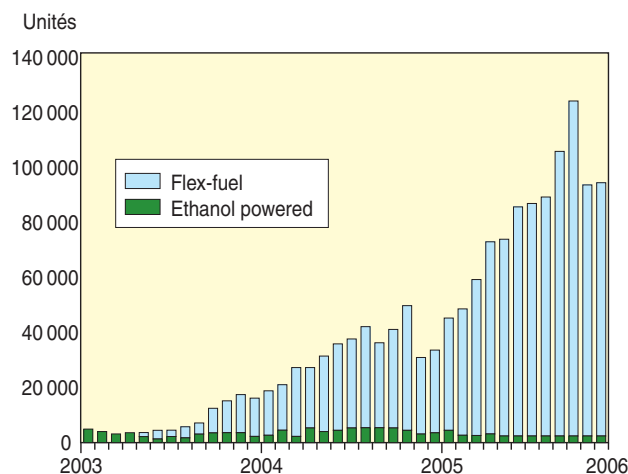
Trois grandes régions dominent actuellement le marché des biocarburants : les États-Unis, le Brésil et l'Europe.

L'éthanol constitue la majeure partie de la production mondiale, avec deux contextes très différents : le Brésil et les États-Unis.

**Au Brésil**, l'évolution de la consommation d'éthanol a été marquée par trois périodes : une période de croissance entre 1975 et 1990, conduite par le programme gouvernemental Proalcool ; une période de relative stagnation entre 1990 et le début des années 2000, du fait du contre-choc pétrolier ; et enfin une nouvelle période de croissance entre le début des années 2000 et aujourd'hui, liée à l'augmentation du prix du pétrole sur les marchés internationaux et plus localement à l'introduction des FFV (*Flex Fuel Vehicle*). Il est important ici de souligner le rôle déterminant qu'a joué l'introduction des FFV au début des années 2000 sur l'évolution de la consommation d'éthanol carburant (figure 3).

Le fait de disposer d'un FFV a en effet donné au consommateur brésilien l'opportunité de choisir à la pompe (en fonction des prix affichés) entre un carburant essence contenant déjà 20 à

Fig. 3 Vente de véhicules neufs dédiés à l'éthanol au Brésil



Source : ANFAVEA.

25 % d'éthanol, taux fixé par le gouvernement, et de l'éthanol pur : une flexibilité qui séduit. En 2005, les FFV représentaient près de 70 % du marché de l'ensemble des véhicules à allumage commandé.

La consommation brésilienne d'éthanol carburant s'est élevée à près de 12 Mt en 2005. En 2004, environ 60 % de l'éthanol consommé ont été écoulés en mélange à de l'essence (mélange de 22 % d'éthanol et de 78 % d'essence) et 40 % sous forme d'éthanol pur. Le total de l'alcool utilisé en carburation s'est élevé à près de 40 % de la consommation nationale d'essence et environ 15 % de la consommation globale de carburants. Le secteur de la production d'éthanol au Brésil est aujourd'hui en pleine expansion. Ce dynamisme attire même les investisseurs étrangers. La volonté affichée est d'arriver à exporter l'éthanol sur le nouveau marché mondial des biocarburants. À cette fin, un certain nombre d'infrastructures, comme des terminaux portuaires et des pipelines, sont en cours de construction. Le premier marché visé est le Japon dont le gouvernement étudie actuellement la possibilité d'imposer des teneurs en éthanol dans les essences (de 3 à 10 %) et qui dispose de capacités propres de production très limitées. Les États-Unis et l'Europe sont également des débouchés envisagés à terme. Mais, il convient de rappeler, qu'à ce jour, l'importation d'éthanol dans ces pays est soumise à des droits de douane de l'ordre de 0,2 \$/l qui en limitent l'intérêt économique.

**Les États-Unis** sont le 2<sup>e</sup> pays consommateur d'éthanol carburant : la production, issue essentiellement de maïs, a atteint environ 12 Mt en 2005 avec une croissance de l'ordre de 30 % par rapport à 2004 et de 100 % sur les cinq dernières années. La consommation actuelle n'est pas très significative à l'échelle des États-Unis : les volumes consommés correspondent à environ 1,5 % de la consommation de carburants routiers, proportion comparable à celle observable en Europe

## Les biocarburants dans le monde

où la consommation de biocarburants représentait 1,2 % de la demande des carburants en 2005. Mais l'augmentation forte de la consommation observée sur les dernières années devrait perdurer notamment suite à la nouvelle impulsion donnée par le gouvernement américain dans la dernière version de l'*Energy Policy Act* voté durant l'été 2005 et au poids de plus en plus important que prend, dans la politique énergétique américaine, la volonté de s'affranchir de la dépendance pétrolière au Moyen-Orient. L'*Energy Policy Act* comporte un important plan de promotion des biocarburants, l'objectif ambitieux est de faire croître la production de près de 12 Mt en 2005 à 22,5 Mt en 2012 par des mesures d'obligations d'incorporations. Les États-Unis souhaitent même développer très rapidement les filières de 2<sup>ème</sup> génération permettant la valorisation de la biomasse de type lignocellulosique. Le *Department of Energy* a d'ailleurs annoncé très récemment qu'il évaluait des offres pour le démarrage en 2012 d'une première installation de production d'éthanol à partir de ce type de biomasse.

L'Europe présente un certain retard en comparaison avec les programmes de grande ampleur menés au Brésil et aux États-Unis. En 2005, l'Europe n'a pas atteint son objectif de substitution de 2 % de la consommation de carburants pétroliers du secteur des transports : la consommation de biocarburants n'a représenté que 1,2 % de la consommation finale du secteur (4,2 Mt dont 80 % d'EMHV). La production européenne d'éthanol en 2005 s'est concentrée en Espagne, Suède, Allemagne et France. Faits marquants par rapport à 2004, c'est le développement de la distillation des surplus de vins européens qui a représenté l'essentiel de la croissance en 2005. Les imports d'éthanol se sont largement développés au Royaume-Uni, en Allemagne et en Suède, ces importations provenant essentiellement d'autres pays européens, mais également du Brésil. En Europe, à l'exception de la Suède et contrairement aux États-Unis ou au Brésil, l'éthanol n'est généralement pas utilisé directement mais il est transformé en ETBE (produit issu de la réaction entre l'isobutène, issu du raffinage du pétrole, et l'éthanol) qui est lui-même mélangé aux essences. Cette spécificité régionale tient en partie à l'obligation du respect des propriétés des carburants, comme la volatilité (l'utilisation pure de l'éthanol rend le mélange éthanol/essence plus volatil) et a, de plus, l'avantage d'éviter des phénomènes de démixtions en présence de traces d'eau (séparation de la phase alcool et de la phase essence).

En revanche, le marché mondial de l'EMHV est dominé par l'Europe. Le marché européen des carburants est marqué par une domination croissante de la consommation de gazole (60 % de la consommation de carburants). Cette tendance explique, en partie, le développement rapide de l'EMHV plutôt que de l'éthanol. La production d'EMHV en Europe a ainsi augmenté de manière très importante sur les dix dernières

années pour atteindre plus de 3 Mt en 2005 (le taux de croissance annuel moyen est de 35 % sur les 5 dernières années). L'essentiel de cette croissance s'est fait dans trois pays : la France, l'Allemagne et l'Italie. Il convient de mentionner que certains des pays qui ont récemment intégré l'Union européenne ont des capacités déjà en place et affichent une réelle volonté de devenir des acteurs importants du domaine. On peut citer sur ce point particulier la République tchèque ou encore la Pologne. Ces différents points liés au contexte européen sont développés plus amplement dans la fiche Panorama « *Biocarburants en Europe* ».

Le Brésil ne s'intéresse pas uniquement à l'éthanol. Il a lancé en 2003 un programme national pour l'utilisation d'EMHV, dont l'objectif est d'une part de limiter les importations de gazole et d'autre part d'assurer un développement local dans des régions pauvres. Les principales sources d'huiles végétales pour cette production devraient être le soja dont le pays est le second producteur mondial, même si d'autres sources sont également étudiées, comme le ricin. Dans le cas brésilien, un mélange à 2 % est envisagé et devrait être rendu obligatoire à l'horizon 2008.

Le Brésil souhaite également introduire sur le marché national dès 2007 un nouveau produit, l'H-Bio, un gazole produit à partir du raffinage d'un mélange constitué de 90 % de brut et de 10 % d'huile végétale (huile de soja). Le pays est un des trois principaux producteurs mondiaux de soja avec les États-Unis (au premier rang) et l'Argentine, et même le premier producteur d'huile de soja. Petrobras estime que le développement de l'H-Bio pourrait permettre de diminuer, à l'horizon 2008, de 25 % les importations de gazole du pays.

Enfin, une autre particularité brésilienne est qu'il est envisagé de remplacer le méthanol dans le procédé de production de l'EMHV par de l'éthanol pour produire de l'Ester éthylique d'huile végétale (EEHV).

Les États-Unis commencent également à s'intéresser à l'utilisation des EMHV. Longtemps ignorés des textes réglementant l'usage des biocarburants, les EMHV apparaissent aujourd'hui clairement et font partie des alternatives aux gazoles moteurs pour des véhicules lourds, accessibles en particulier aux gestionnaires de flottes publiques : leur usage donne accès, tout comme pour un certain nombre d'autres solutions alternatives au pétrole, à des aides financières. Les EMHV sont utilisés aujourd'hui le plus souvent en mélange à une teneur de 20 % (B20). L'administration américaine a accordé à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2005 une exonération de taxes aux EMHV à hauteur de 1 cent/l par point de pourcentage en mélange : pour le B20, qui est le mélange le plus couramment utilisé, l'exonération fiscale s'élève à 20 cents/l. L'évolution de la production de biodiesel aux États-Unis est en très forte croissance : de moins de 100 000 t en 2004, la production

## Les biocarburants dans le monde

a atteint environ 250 000 t en 2005 et est annoncée à près de 850 000 t en 2006. Cette forte croissance devrait se poursuivre au moins dans les prochaines années : en septembre 2006, la capacité de production de biodiesel aux États-Unis a été estimée à près de 2 Mt avec une augmentation de capacité de production prévue dans les 18 prochains mois de près de 5 Mt. En année pleine, une fois l'ensemble de ces projets réalisés, les États-Unis devraient devenir le premier producteur mondial d'EMHV. Il est à noter que la norme spécifiant la qualité des EMHV en vigueur aux États-Unis n'intègre pas de contrainte sur l'indice d'iode (indice qui mesure le degré de saturation de l'ester) contrairement à la norme européenne (l'indice d'iode doit rester inférieur à 120), ce qui permet au pays de fabriquer le biodiesel à partir de soja dont il est le premier producteur mondial (les esters produits à partir de soja ont un indice d'iode élevé, environ 135).

### Les marchés émergents

Fait nouveau, dans un contexte énergétique mondial marqué par le retour à des prix élevés du baril, **de nombreux autres pays** envisagent aujourd'hui le lancement de programmes nationaux ambitieux en faveur des biocarburants. Certains pays d'Amérique latine comme le Paraguay, L'Argentine, la Colombie, le Costa Rica, le Guatemala suivent ainsi l'exemple brésilien. La Chine ou l'Inde mettent également en place des politiques de promotion de l'usage des biocarburants et surtout de l'éthanol en mélange à l'essence à des teneurs comprises entre 5 et 10 %.

**En Chine**, l'éthanol est essentiellement produit à partir de maïs dont la République populaire est le deuxième producteur mondial. L'usage de l'éthanol en tant que carburant a été mis en place au travers du 10<sup>e</sup> plan quinquennal pour la protection de l'environnement (2001, 2005). Il a été notamment prévu que fin 2005, l'essence contenant environ 10 % en volume d'éthanol en mélange remplace les carburants pétroliers classiques dans neuf provinces (Jilin, Heilongjiang, Henan, Anhui, Liaoning, Hebei, Hubei, Shandong et Jiangsu). La production de l'éthanol carburant, pour ce programme qui représente environ 1 Mt/an, est assurée par quatre unités. D'autres unités de production d'éthanol sont en projet. Il est également à souligner qu'un accord de collaboration technique entre le Brésil et la Chine a été signé et que la possibilité d'imports d'alcool brésilien est à l'étude.

**L'Inde**, deuxième producteur mondial de canne à sucre après le Brésil, envisage également le développement de l'usage de l'éthanol en mélange à de l'essence à hauteur de 5 %. Il était notamment prévu qu'en 2003, l'usage de l'essence contenant 5 % d'éthanol soit rendu obligatoire à l'échelle du pays. Mais, du fait de conditions climatiques défavorables ayant pénalisé les cultures, et de retard dans la construction d'infrastructures pour la production d'éthanol anhydre, cet objectif

n'a pas été atteint. Il demeure que dans neuf états et trois régions l'usage d'essence contenant 5 % d'éthanol a été rendu obligatoire, sous condition de disponibilité d'éthanol en qualité et en quantités suffisantes à un prix compétitif avec celui des carburants pétroliers. En Inde, la capacité de production d'éthanol carburant utilisable en mélange (anhydre) est d'environ 500 000 t/an. Un accord de collaboration technique avec le Brésil existe également concernant la production d'éthanol anhydre et l'optimisation de son usage dans les véhicules.

Les principaux pays producteurs d'huile de palme que sont **la Malaisie** ou **l'Indonésie** soutiennent l'usage du biodiesel en fixant des objectifs de substitution par incorporation de 2 à 5 % de la consommation de gazole d'ici à 2008/2010. En Malaisie, la volonté est de développer la production de biodiesel à des fins d'exportations notamment vers l'Europe.

La production de biodiesel à l'échelle de **la Chine** est quant à elle pour l'instant symbolique, bien que le pays consomme entre 60 et 70 Mt de gazole par an en partie importés (environ 1/3). La production chinoise de biodiesel est estimée à environ 100 000 t/an et est issue d'huile de cuisson « recyclée » et de cultures d'oléagineux dédiées (jatropha, etc.).

**L'Inde** projette aussi de produire du biodiesel notamment à partir d'huile de jatropha. Un comité est en charge de l'étude de l'implémentation de ce nouveau biocarburant. Un objectif a été fixé : en 2011, l'utilisation du biodiesel devrait être testée pour des mélanges allant jusqu'à 20 % de biodiesel.

### L'importance de la fiscalité

Dans tous les pays où les biocarburants se sont développés, les aides ont joué un rôle primordial sur deux plans : celui des carburants (via des défiscalisations totales ou partielles) et celui de la politique agricole. Les mesures sont très variables d'une région à l'autre.

Ainsi, **au Brésil**, les principales modifications ont été les suivantes :

- orientation vers la voie mélange par le retrait d'aides spécifiques à l'achat de véhicules éthanol pur ;
- depuis 1997 et 1999, « ouverture » du marché de l'éthanol et fin des prix garantis ;
- volumes consommés en partie garantis avec des teneurs obligatoires en éthanol dans l'essence de 20 à 25 % fixées par le gouvernement ;
- enfin, défiscalisation quasi totale à la vente de l'éthanol.

**Aux États-Unis**, l'utilisation de l'éthanol est réglementée par deux textes principaux : le *Clean Air Act* de 1970 modifié en 1990 et l'*Energy Policy Act* de 1978 régulièrement amendé ou complété depuis. Le *Clean Air Act* a rendu obligatoire la

## Les biocarburants dans le monde

commercialisation d'essences avec un contenu minimal en oxygène (2 % et 2,7 % en masse) dans les zones où la qualité de l'air n'est pas conforme aux normes fédérales. Jusqu'à récemment, les raffineurs utilisaient le MTBE pour atteindre cet objectif. L'usage de ce produit, pour des raisons de santé publique, a été interdit dans un certain nombre d'États, dont la Californie en 2003. Le MTBE a alors été remplacé par de l'éthanol. Ceci explique en grande partie l'importance de la croissance de la demande ces dernières années. Par ailleurs, il faut souligner qu'une dérogation aux normes sur la volatilité a été introduite pour permettre au gazohol (10 % d'éthanol/90 % d'essence en *splash blending*) d'être utilisé.

Parallèlement, l'*Energy Policy Act* encadre les avantages fiscaux accordés à l'éthanol. L'exonération accordée depuis 1978, régulièrement reconduite, a été prolongée jusqu'en 2007 pour les mélanges à 10 %, 7,7 % et 5,7 %, moyennant une réduction en trois étapes de l'exonération fiscale à 53, 52, et 51 cts/gallon d'éthanol (14, 13,7 et 13,5 cts/l) respectivement en 2001, 2003, et 2005. Pour indication, la taxe sur l'essence est actuellement de l'ordre de 40 cts/gallon (10,6 cts/l). En plus de ces déductions fiscales, de nombreux États proposent des exonérations complémentaires qui peuvent être de l'ordre de 20 cts/gallon (5,3 cts/l).

Ces avantages sont complétés par d'autres mesures. La politique agricole américaine établie en 2002 accorde des aides financières aux biocarburants sous différentes formes et dont le montant global pourrait être supérieur à 150 M\$ par an sur la période 2003/2006 (titre IX du *Farm bill* 2002).

L'utilisation et la taxation des biocarburants dans l'**Union européenne** reposent aujourd'hui sur plusieurs textes communautaires :

- La directive européenne 98/70/CE qui autorise réglementairement l'incorporation dans l'essence d'éthanol jusqu'à 5 %, 15 % d'ETBE (directive 85/538/CE) et 5 % d'EMHV dans le gazole, pour une vente banalisée à la pompe.
- La directive sur la promotion des biocarburants 2003/30/CE qui fixe des objectifs croissants de consommation en biocarburants dans le domaine des transports. Ces consommations devront représenter au minimum 5,75 % (mesurés en énergie) en 2010 des consommations d'essence et de gazole dans les transports.
- La directive 2003/96/CE sur la fiscalité qui donne la possibilité aux États membres d'exonérer partiellement ou totalement d'accises les biocarburants.

Le contexte fiscal des carburants reste de la responsabilité de chaque pays. De nombreux États membres mettent en place la détaxation des biocarburants qui peut aller de 30 à 100 % des accises pratiquées sur les carburants pétroliers.

Dans l'Union européenne, la PAC (Politique agricole commune) a, de plus, une influence importante sur l'économie des filières biocarburants. Deux exemples illustrent ce point :

- le système de jachère incluant la possibilité d'exploiter ces terres à des fins non alimentaires,
- l'aide de 45 €/ha accordée pour les cultures à vocation énergétique réalisées hors jachères (plafonnée à 1,5 Mha qui devrait être étendue à 2 Mha).

Enfin, il faut rappeler que fin 2005, la Commission européenne a émis un plan d'action sur la biomasse dont une grande partie concernait les biocarburants.

\* \*  
\*

### Perspectives

En se basant sur les perspectives de croissance de capacité de production et les différents objectifs de consommations des principales zones concernées par l'usage des biocarburants, à savoir l'Union européenne, les États-Unis et le Brésil, la consommation totale de biocarburants pourrait atteindre près de 60 Mtep à l'horizon 2015, soit un peu plus de 3 % de la consommation mondiale de carburants routiers à cette échéance, contre 1,3 % actuellement.

Pour aller au-delà de ces niveaux de production, le recours aux biocarburants de 2<sup>e</sup> génération deviendra indispensable. Ces nouvelles filières utilisent la matière lignocellulosique (bois, paille), ressource plus abondante et a priori non en concurrence avec celle issue des cultures alimentaires. Deux principales options sont envisagées : celle qui aboutit à l'éthanol et celle qui permet la production de carburant diesel de synthèse selon le procédé Fischer-Tropsch (FT). Cette dernière option permet également de produire du biokérosène, ce qui offre une opportunité de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports aériens, où les alternatives au pétrole restent limitées.

Anne PRIEUR-VERNAT, Stéphane HIS  
anne.prieur@ifp.fr - stephane.his@ifp.fr

Manuscrit remis le 24 novembre 2006

## Biofuels Worldwide

*The biofuels market is booming: after more than 20 years of industrial development, global biofuel production is growing fast. Willingness to reduce their oil dependence and necessity to promote low-carbon energies are the two main drivers for states to support biofuels development.*

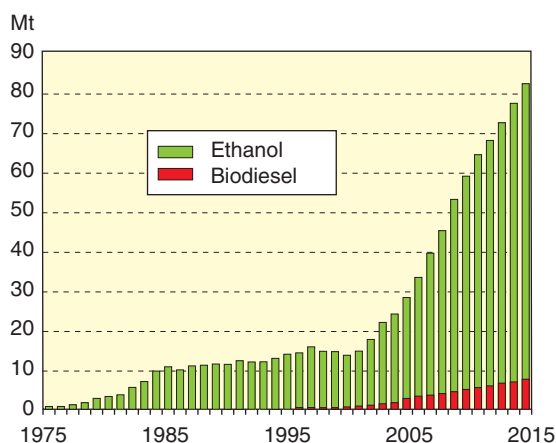
The production of biofuels worldwide is increasing sharply. The United States, Brazil and Europe account for most of this growth, although many other countries are also showing interest in motor fuels of vegetable origin.

### Exponential growth

Today, biofuels are regarded as a real alternative to petroleum-based motor fuels, even if they probably can never fully replace them. For one thing, they reduce the chronic oil-dependence of the transport sector. They also reduce greenhouse gas emissions due to their mode of utilization. Since biofuels are blended with petroleum-based motor fuels, they are easier to introduce than gaseous replacement fuels: there is no need to install new distribution infrastructure or convert existing vehicles.

Every day, current events bring confirmation of this boom and motor fuels of vegetable origin are now to be found all over the world. In the last five years, global biofuel output grew at a rate of about 15% a year. More recently, the rate of increase has accelerated: 2005 biodiesel production was up by more than 60% year on year. In 2005, world biofuel output totaled 22 Mtoe (about 31 Mt), a figure that is expected to more than double by 2015 (Figure 1), in light of the growth targets set by many countries.

Fig. 1 Trend in world biofuel production



Source: F.O. Licht, Christoph Berg, presentation made at World Biofuels 2006, Seville, May 2006

### Current production technologies

Two biofuels account for the bulk of production and utilization: **ethanol** in gasoline engines and **vegetable oil methyl esters (VOMEs)** in diesel engines. Ethanol is made from two types of crop: sugar-producing plants (sugar cane, sugar beets) and plants yielding amylaceous material (wheat, corn). Most of the world's ethanol is produced from sugar cane or corn. The other biofuels in existence today, the VOMEs, are derived from vegetable oils (e.g. rapeseed, sunflower, palm or soybean).

The world market is dominated by ethanol, mostly produced and consumed in the United States and Brazil. World consumption of VOMEs, which remains specific to Europe, is lower by a factor of ten. In 2005, world production of ethanol motor fuels amounted to 27 Mt (18 Mtoe) versus total biodiesel output of nearly 4 Mt (3.6 Mtoe)<sup>1</sup>. In 2006, ethanol production is expected to reach 40 Mt of which 80%, or almost 32 Mt (21 Mtoe), will be used for motor fuels. Biodiesel output is expected to exceed 5 Mt (4.5 Mtoe).

### Biofuels: advantages and disadvantages

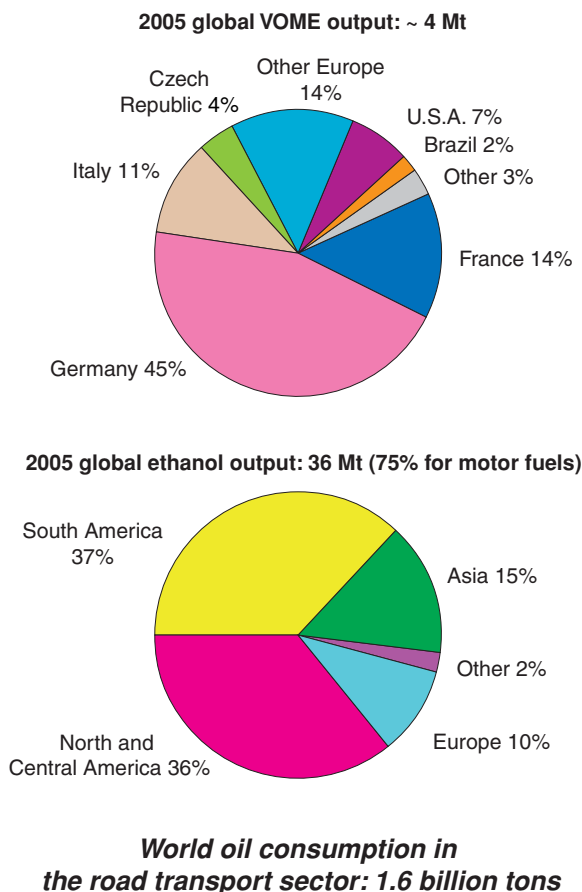
#### Environmental considerations

It has been fully demonstrated that replacing conventional motor fuels with biofuels reduces greenhouse gas emissions (GHGs) and the consumption of non-renewable energy. This is one of the main arguments in favor of using them on a large scale. When used pure, they can induce GHG emissions gains as high as 90% for those pathways with the highest efficiencies (i.e. the ones using sugar cane). The other technologies used to produce vegetable-oil-based biofuels yield gains that may be lower, but still remain positive (cf. the Panorama article entitled: "Biofuels and their environmental performance"). Furthermore, one may observe similar gains in terms of the consumption of fossil energy needed to produce these fuels. It has to be noted that IFP is also actively involved in studies undertaken to evaluate other environmental impacts of large-scale biofuel development, for example impacts on water resources.

(1) Source: FO Licht, 2006

# Biofuels Worldwide

Fig. 2 Global biofuel production



## Economic considerations

Biofuels offer another advantage in that the replacement of petroleum-based products reduces oil dependence and enables exploitation of domestic resources.

Their cost, although still high, is nearing that of conventional motor fuels, i.e. gasoline and diesel (cf. Table 1), as a result of the upward trend in the price per barrel (not taking taxes into account).

In Brazil, ethanol production costs are especially low and already competitive with those of petroleum-based motor fuels.

Table 1  
Production costs for different motor fuels

|      | EtOH Europe | EtOH Brazil | EtOH USA | VOME Europe | Gasoline \$60/bbl | Diesel \$60 /bbl |
|------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------------|------------------|
| €/l  | 0.4-0.6     | 0.2         | 0.3      | 0.35-0.65   | 0.32              | 0.36             |
| €/GJ | 19-29       | 10          | 14       | 10.5-20     | 9                 | 10               |

Source: IEA/IFP: Price of motor fuels for France, exclusive of tax, December 2006, €1 = \$1.3.

In most cases, biofuels still cannot be developed without public funding (the United States allocated an estimated \$5-7 billion in 2006<sup>2</sup>). This is especially true now, given the high level of demand and the particularly elevated prices of ethanol in the United States and Brazil, and of VOMEs in Europe. In the United States, the ethanol price climbed to \$3/gal in November 2006 (\$0.6/l, or nearly \$730/t, double the announced production cost). In Brazil, the ethanol price is in the vicinity of \$0.4/l (nearly double the announced production cost). In Europe, the VOME price reached €700/t, due to an increase in the price of rapeseed oil (quoted at nearly \$800/t in Rotterdam<sup>3</sup> in November 2006), while ethanol climbed to €0.6/l (€750/t or slightly over €1,100/toe).

For biofuels, like petroleum-based motor fuels, the cost of production depends heavily on the price of the raw material, which represents between 50 and 90% of the final cost. The price of wheat, corn, vegetable oils and rapeseed can vary greatly and substantially affect the relative competitiveness of biofuels compared to petroleum products. This is especially true in that the biofuels market can represent a major outlet for these raw materials: 20% of the corn produced in the United States is currently “burned” as ethanol, and 50% of the rape grown in Europe is transformed into biodiesel. In future, demand for biofuels will probably drive up the prices of these raw materials. For example, corn prices in the United States (December 2006) have reached a ten-year high (about \$120/t), partly owing to the substantial development of the domestic ethanol market.

Another disadvantage of biofuels is that, for key existing pathways, the per-hectare yield is relatively low: 1 toe/ha for VOMEs made from rapeseed oil or sunflower oil, 1-2 toe/ha for ethanol ex-wheat or ex-corn, and 3-4 toe/ha for ethanol ex-sugar beet or ex-sugar cane. Moreover, agronomic constraints are such that it is not possible to cultivate all species on all types of soil under the same conditions. As a result, if biofuels were to be developed on a large scale using existing pathways, this sector would eventually find itself competing with the food industry for the use of land. Given the abundance of co-products, sales outlets are likely to reach the saturation point, which would eventually make the production of biofuels more costly. To replace 10% of gasoline and diesel consumption in Europe and in the United States, about 20-25% of all arable land in these parts of the world would have to be mobilized. These numbers clearly indicate the limits of existing biofuel technologies and the need for new options in this field if the goal is to reach even more ambitious replacement targets. One pathway that is receiving a great deal of attention is the valorization of

(2) *Biofuels at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in the United States*, D. Koplow, October 2006.

(3) *In comparison, oil priced at \$70/bbl is equivalent to about \$500/t.*



# Biofuels Worldwide

lignocellulosic materials (cf. Panorama article: “*New biofuel technologies*”), which broadens the range of exploitable raw materials, thereby increasing the potential rate of replacement (cf. Panorama article: “*Potential biomass mobilization for biofuel production worldwide, in Europe and in France*”).

## Biofuel markets worldwide

### Mature markets

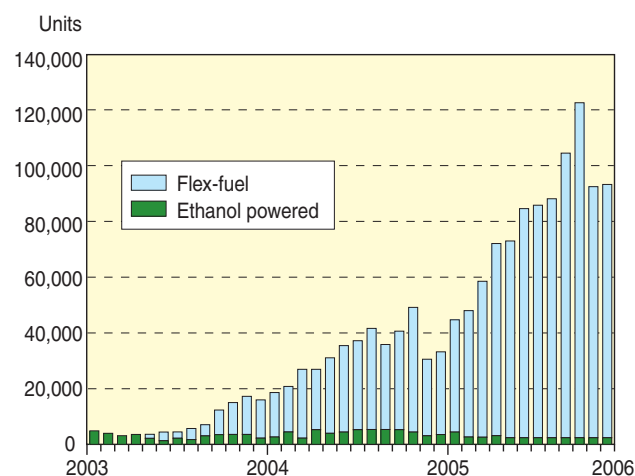
Three large geographic areas currently dominate the biofuels market: the United States, Brazil and Europe.

**Ethanol** accounts for the bulk of global production, with Brazil and the United States representing two very different business environments.

In **Brazil**, ethanol consumption has seen three key periods: growth between 1975 and 1990 led by the governmental alcohol incentive program, relative stagnation between 1990 and the early 2000s due to the oil countershock, and renewed growth from the early 2000s and the present in connection with the rising price of oil on international markets and, more locally, with the introduction of flex fuel vehicles (FFVs). Here, it is important to stress that the introduction of FFVs in the early 2000s had a decisive effect on the consumption of ethanol motor fuels (Figure 3).

FFVs gave Brazilian consumers at the pump a chance to decide whether they wanted a gasoline containing 20-25% ethanol (a percentage set by the government) or pure ethanol, after they have checked the prices on offer. This flexibility has consumer appeal: in 2005, FFVs accounted for nearly 70% of all vehicles equipped with spark ignition engines.

Fig. 3 Sale of new vehicles running on ethanol in Brazil



Source: ANFAVEA.

Brazil’s consumption of ethanol motor fuel totaled nearly 12 Mt in 2005. In 2004, about 60% of the ethanol consumed was sold as a blend (22% ethanol and 78% gasoline) and the other 40% as pure ethanol. The percentage of alcohol used in motor fuels corresponded to almost 40% of national gasoline consumption and about 15% of total motor fuel consumption. In Brazil, the boom in ethanol production is even attracting foreign investors. The objective is to export ethanol on the new global market for biofuels. A number of projects are underway to build infrastructure, including port terminals and pipelines. The prime target market is Japan, whose government is considering imposing ethanol (contents of 3 to 10%) in gasoline products and whose production capacity is very limited. The United States and Europe are also potential export markets, although these countries subject ethanol imports to customs duties of approximately \$0.2/l, which limits their economic advantage.

The **United States** ranks Number Two worldwide for the consumption of ethanol motor fuel. Production (mostly ex-corn) reached about 12 Mt in 2005 with growth reaching about 30% year on year and 100% over the last five years. Ethanol does not represent a very significant part of US motor fuel consumption, i.e. about 1.5% of volumes consumed in the road transport sector. The situation is comparable in Europe, where biofuels covered 1.2% of motor fuel demand in 2005. But the sharp increase in consumption observed in recent years should persist, especially in the wake of the new push given by the US government in the final draft of the Energy Policy Act passed during the summer of 2005, and considering the fact that US energy policy is increasingly geared to reducing oil dependence on the Middle East. The Energy Policy Act includes an ambitious biofuel promotion plan aimed to boost output from nearly 12 Mt in 2005 to 22.5 Mt in 2012 by imposing mandatory incorporation measures. As soon as possible, the United States would like to develop second-generation technologies using lignocellulosic materials. The Department of Energy very recently announced that it was reviewing bids for an initial installation to produce ethanol from this type of biomass, scheduled to come onstream in 2012.

**Europe** has fallen behind Brazil and the United States, which have both implemented large-scale programs. In 2005, Europe failed reach its objective to replace 2% of the petroleum-based motor fuels consumed in the transport sector. Biofuels only represented 1.2% of total road transport consumption (4.2 Mt including 80% VOMEs). In 2005, most of Europe’s ethanol was produced in Spain, Sweden, Germany and France. In 2005, Europe developed distillation of its wine surpluses, which represented the bulk of growth for the year. Ethanol imports grew substantially in the United Kingdom, Germany and Sweden. Most of these imports came

## Biofuels Worldwide

from other European countries, but also from Brazil. In Europe, except for Sweden, and unlike the United States or Brazil, ethanol is not incorporated directly but transformed into ETBE (obtained by reacting isobutene, a liquefied petroleum gas, with ethanol) before being blended with gasoline. One reason for this regional particularity is the obligation to properly account for motor fuel properties such as volatility, since pure ethanol makes ethanol/gasoline blends more volatile. Another advantage of this practice is that it avoids demixtion (separation of the alcohol and “gasoline” phases) in the presence of traces of water.

On the other hand, **Europe** dominates the global market for **VOMEs**. On the European motor fuel market, diesel consumption is increasingly dominant (60% of total motor fuel consumption). This helps explain why VOME, rather than ethanol, is developing rapidly. VOME production in Europe has risen very substantially in the last ten years, exceeding 3 Mt in 2005. For the last five years, the annual growth rate has averaged 35%. France, Germany and Italy accounted for most of this growth. Some of the countries that have recently joined the European Union, including the Czech Republic and Poland, already possess available capacity and aim to become key market players. For more information about the regional situation, see the Panorama article: “*Biofuels in Europe*”.

**Brazil** is not exclusively interested in ethanol. In 2003, it launched a domestic program to promote the use of VOME-based motor fuels in order to curb diesel imports and ensure local development in disadvantaged areas. Soybeans will probably be the principal source of vegetable oil for this program—Brazil is the world’s Number Two producer of soybeans—although other sources, such as the castor bean, are also under consideration. Brazil is planning a 2% blend, to be made mandatory by 2008.

In 2007, Brazil is also hoping to launch a new diesel fuel named H-Bio on the domestic market. H-Bio is obtained by refining a blend containing 90% crude and 10% vegetable oil (soybean oil). Brazil is one of the top three world soybean producers along with the United States, which ranks first, and Argentina, and it is the leading producer of soybean oil. According to Petrobras, the development of H-Bio could reduce domestic diesel imports by 25% by 2008.

Another particularity is that Brazil is planning to use ethanol to produce vegetable oil ethyl esters (VOEEs) instead of methanol to produce VOMEs.

The **United States** is also starting to focus on VOMEs which, for many years, were not mentioned in the legal texts regulating the use of biofuels. Today, they are clearly identified as one of the alternatives to diesel fuels for heavy vehicles available to fleet managers, in particular. Financial

incentives are granted for using these or other alternative fuels to replace petroleum-based products. Currently, the most commonly used type of VOME is a 20% blend (B20). As of January 1, 2005, a tax exemption of at least one cent/liter per percentage point was granted for VOME blends, so the exemption for the B20 comes to 20 cents a liter. Biodiesel production in the United States is growing quickly: inferior to 100,000 t in 2004, it reached about 250,000 t in 2005 and should come close to 850,000 t in 2006. This sharp uptrend should continue, at least in the next few years. In September 2006, US biodiesel production capacity was estimated to be nearly 2 Mt and is expected to rise by nearly 5 Mt over the next 18 months. Once these plans have been carried out, the United States should become the leading VOME producer worldwide. In the US, the standard regulating VOME quality does not contain any restrictions bearing on the iodine index, which is used to measure the degree of saturation of the ester, in contrast to the European standard (the index must not exceed 120). This enables the world’s top soybean producer to make biodiesel from soybeans (the iodine index for soybean-based esters is high, about 135).

### Emerging markets

In a new development, **many other countries** are planning to implement ambitious domestic biofuel programs as the price per barrel returns to high levels on the world energy market. In Latin America, Paraguay, Argentina, Colombia, Costa Rica and Guatemala are following the Brazilian example. China and India are also setting up programs to encourage the use of biofuels, especially blends containing 5 to 10% ethanol.

In **China**, the Number Two corn producer worldwide, ethanol is usually made from corn. The use of ethanol as a motor fuel was introduced by the tenth five-year plan for environmental protection (2001-2005), which called for the replacement of conventional petroleum-based motor fuels with a blend containing about 90% gasoline and 10% ethanol in nine provinces (Jilin, Heilongjiang, Henan, Anhui, Liaoning, Hebei, Hubei, Shandong and Jiangsu) by year-end 2005. Four units produce the ethanol for this program, with output of about 1 Mt/year. Other ethanol production units are in the planning stages. China has also signed a technical cooperation agreement with Brazil and is considering the importation of Brazilian alcohol.

**India**, the second-largest global producer of sugar cane after Brazil, is also planning to develop the use of ethanol in 5% blends. In 2003, it had planned to make the use of 5% blends mandatory nationwide. This target could not be attained: crops were adversely affected by unfavorable weather conditions and the construction of infrastructure to produce anhydrous ethanol was delayed. Even so, nine states and three regions made it compulsory to use gasoline containing 5%

## Biofuels Worldwide

ethanol, provided that ethanol of adequate quality was available in sufficient quantities at a price competitive with petroleum-based motor fuels. Domestic capacity for the production of ethanol suitable for blends (anhydrous ethanol) comes to at about 500,000 t/year. India has entered into a technical cooperation agreement with Brazil bearing on the production of anhydrous ethanol and the optimization of its use in vehicles.

**Malaysia** and **Indonesia**, major palm oil producers, are supporting the use of biodiesel by setting targets to replace between 2 and 5% of diesel consumption by 2008-2010. Malaysia is seeking to boost biodiesel production for export, to Europe in particular.

Although **China** consumes between 60 and 70 Mt of diesel a year, of which about one-third is imported, its production of biodiesel remains symbolic. With output estimated to be 100,000 t/year, Chinese biodiesel is made from “recycled” cooking oil and dedicated oilseed crops (jatropha, etc.).

**India** is also planning to produce biodiesel, mostly from jatropha oil. A committee is currently studying ways and means. The goal is to reach the testing stage for new blends (up to 20%) by 2011.

### The importance of tax incentives

In all of the countries aiming to develop biofuels, favorable tax measures have had a major impact at two levels: an impact on motor fuels, via full or partial tax relief, and on agricultural policy. The measures taken vary greatly from one geographic area to the next.

In **Brazil**, the most important changes were as follows:

- Tax incentives specific to the purchase of vehicles running on pure ethanol were withdrawn to encourage the development of blends.
- The ethanol market has “opened up” since 1997 and 1999, putting an end to guaranteed prices.
- The government set mandatory levels (20-25%) for the ethanol content in gasoline that partially guarantee the volumes consumed.
- The sale of ethanol has been almost totally exempted from tax.

In **the United States**, the use of ethanol is subject to two key regulatory texts: the Clean Air Act of 1970, modified in 1990, and the Energy Policy Act of 1978, regularly amended or added to since it was passed. Under the Clean Air Act, gasoline for sale must contain a minimum oxygen content (2% and 2.7% by weight) in areas where air quality is not up to federal standards. Until recently, refiners used MTBE to achieve this objective, but a number of states (e.g. California in 2003) have

banned MTBE for public health reasons. The replacement of the latter with ethanol helps explain the upsurge of demand in recent years. Moreover, derogating from volatility standards made it possible to use gazohol (10% ethanol added to 90% gasoline by means of splash blending).

In parallel, the Energy Policy Act set forth the tax incentives granted to ethanol. The exemption granted since 1978, regularly renewed, was extended until 2007 for 10%, 7.7% and 5.7% blends. The tax exemption for ethanol was reduced in three stages to 53, 52 and 51 cents/gallon (14, 13.7 and 13.5 cents/l) in 2001, 2003 and 2005, respectively. By way of an indication, the gasoline tax is currently about 40 cents/gallon (10.6 cents/l). In addition to these tax deductions, many states offer further exemptions, which in some instances amount to about 20 cents/gallon (5.3 cents/liter).

These incentives are supplemented by other measures. The 2002 Farm Bill subsidized biofuels in different ways. The total amount of subsidies could exceed \$150 million/year for the period 2003-2006 (Title IX of the bill).

In the **European Union**, biofuel utilization and taxation is regulated by several Community texts:

- Directive 98/70/EC authorizes the addition of up to 5% ethanol to gasoline for standard distribution; Directive 85/538/EC permits the addition of up to 15% ETBE to gasoline for standard distribution; Directive 85/538/EC permits incorporating 5% VOME into diesel fuel for standard distribution.
- Directive 2003/30/EC promotes biofuels by setting higher targets for biofuel consumption in the transport sector. It imposes a biofuel content of 5.75% (measured in terms of energy) in gasoline and diesel for the transport sector by 2010.
- Directive 2003/96/EC, which bears on taxation, allows member states to exempt biofuels partially or fully from excise taxes.

Each country is responsible for the taxation of motor fuels. Many member states are introducing tax relief for biofuels equivalent to 30 to 100% of the excise taxes levied on petroleum-based motor fuels.

In the European Union, the Common Agricultural Policy has an impact on the economics of biofuel technologies. Two examples illustrate this point:

- The fallow land system allows the use of set-aside land for non-food purposes.
- A subsidy of €45/hectare is granted for energy crops grown on non-fallow land (the current ceiling of 1.5 Mha is expected to be raised to 2 Mha).

## Biofuels Worldwide

Finally, at year-end 2005, the European Commission issued a biomass action plan in which biofuels figure prominently.

\* \*  
\*

### Outlook

Based on the growth forecasts for production capacity and on the consumption targets in the geographic areas mainly concerned by the use of biofuels, namely the European Union, the United States and Brazil, global biofuel consumption could reach a total of 60 Mtoe by 2015. This would represent slightly more than 3% of world motor fuel consumption in 2015, compared to 1.3% today.

To take production levels higher, it will be necessary to turn to second-generation biofuels based on lignocellulosic materials (wood, straw). One might think that lignocellulosic biomass, more abundant, would not to compete with biomass derived from food crops. Two main options are possible: the first yields ethanol and the second is used to produce synthetic diesel motor fuel using the Fischer-Tropsch process. The second can also be used to produce biokerosene, offering an opportunity to reduce greenhouse gas emissions in the air transport sector, which still has few alternatives to petroleum-based products.

*Anne PRIEUR-VERNAT, Stéphane HIS  
anne.prieur@ifp.fr - stephane.his@ifp.fr*

*Final draft submitted on November 24, 2006*