



Jean-François
MACQUIN (N66)

Délégué général
d'Intermines

Les biocarburants : un sujet à la mode, passionnant et passionné !!!

Les biocarburants sont-ils une réponse à une problématique complexe touchant l'Environnement, les besoins d'énergie et donc toute l'Economie, la Politique ?

Environnement : la grande majorité du monde scientifique est désormais d'accord pour dire que les activités humaines ont une influence rapide sur le réchauffement climatique et tous les bouleversements qu'il engendre.

Économie : dès que nous parlons Énergie, des centaines de milliards d'€ et de \$ sont concernés.

Politique : un tel sujet concerne les états développés, les états en voie de développement, les états producteurs, les états consommateurs, les aides et subventions diverses, l'OMC et la PAC.

Nos besoins en énergie ont cru de façon très significative en quelques dizaines d'années. A titre d'exemple, en France, ceux-ci ont été multipliés par 2,6 par individu entre 1960 et 2004. Notre civilisation est liée au développement si possible maîtrisé de nos besoins énergétiques...

Une échelle de temps et des chiffres difficiles à appréhender : Les matières fossiles fournissant les carburants traditionnels auront été épuisées en quelques centaines d'années (10^2) alors que la nature et l'énergie solaire les ont créés en centaines de millions d'années (10^8).

Les gaz à effet de serre représentent en l'an 2000 l'équivalent de 40 milliards de tonnes de CO₂ émis dans l'atmosphère dont 14% environ sont attribuables au transport.

En 2002 le pétrole représentait 35% de l'énergie mondiale produite dont 20% pour les transports.

Heureusement, la nature, sous l'action de la photosynthèse, et les océans transforment une part importante de ces gaz à effet de serre mais l'équilibre général entre leur production et leur destruction n'est plus atteint. Le système asservi se dérègle sous l'action des activités humaines.

Énergie renouvelable sous forme liquide, les biocarburants sont là pour partiellement remédier au problème posé.

Devant l'importance de ce dossier et de la place disponible dans la Revue des Ingénieurs, il a été décidé de répartir les articles sur deux numéros de la revue : le 425 et le 426.

Ce numéro 425 pose les problèmes liés à l'évolution des besoins d'énergie et aux conséquences climatiques liées à l'émission des gaz à effet de serre et explicite les réponses politiques apportées à ce jour, en France et en Allemagne. De grands acteurs économiques, un pétrolier et un constructeur automobile, exposent comment ils se préparent à répondre aux directives européennes et nationales sur les biocarburants.

- Il revenait à **Claude Mandil** (CM64) et à **Fatih Biro** de l'Agence Internationale de l'Énergie de planter le décor sur l'évolution des besoins d'énergie au niveau mondial et la place envisagée pour les biocarburants.
- **Stéphane His** et **Denis Babusiaux** (P63) de l'IFP inti-

tulent leur article : les biocarburants, de quoi parlons nous ?

- **Jacques de Nauroix** (N67) nous livre quelques réflexions sur la façon dont Total se prépare à l'incorporation des biocarburants dans les carburants existants et les problèmes opérationnels que cela pose.
- **Noël Lamorrata, Bernard Larricq** (N67) et **Gaël Fabre** (N00) de Renault nous présentent, comment un constructeur, fort de son expérience au Brésil, se prépare à répondre aux directives européennes et françaises en la matière.
- L'article de **François Saglier** (E69) et **Françoise Combelles** illustre la problématique de la RATP pour sa flotte captive vis-à-vis des biocarburants.
- **Philippe Guillard** (CM71) du ministère de l'Économie, des Finances, et de l'Industrie nous expose l'ambitieuse politique française sur ce sujet.
- **Evelyne Gonja** (E90) nous décrit quelle a été la politique allemande en matière de biocarburants, comment elle évolue et en quoi elle diffère de l'approche française.

Le numéro 426 de la Revue traitera de la production des biocarburants et de leurs bilans économiques et environnementaux :

- Tout d'abord Corinne Lepage nous a accordé une interview pour nous donner son point de vue sur les biocarburants, sa vision sur les autres énergies et le rôle des grandes Ecoles dans une politique de développement durable.
- Technip sous la plume de Guy Arlette (CM70) et de Gilles Queinnec nous présenteront l'Ingénierie des unités de production de bioéthanol et de biodiesel pour les construire et les rendre opérationnelles en un an.
- Deux producteurs, Roquette (bioéthanol) et Sofiproteol (Biodiesel) dans un article écrit par Jean-Hubert Graulier (N73) et dans une interview par Jean-François Macquin (N66) de Georges Vermeersch nous décriront les investissements industriels entrepris par leur société.
- Olivier Muller (P89) et son équipe sur la base d'une étude ADEME menée en 2002 par Ecobilan, membre du département Développement durable du cabinet Pricewaterhouse Coopers fera un point sur les résultats environnementaux, les externalités et les effets induits du développement des biocarburants.
- David Treguer de l'INRA traitera de la rentabilité économique des biocarburants en France, de leur bilan énergétique selon un modèle différent de celui de l'ADEME et de leur impact possible sur le monde agricole.
- Dans une interview réalisée par Jonathan Houver (P05) et Jonathan Baudier (P05) élèves de deuxième année, Michel Lopez de la Direction Stratégie du Crédit Agricole, nous donnera une dimension financière et évoquera les risques liés à ces investissements. ■

Bonne et je l'espère agréable lecture. Vos questions, remarques et réactions sont les bienvenues sur intermines-dg@orange.fr



Claude MANDIL (CM64)

Directeur exécutif de l'Agence Internationale de l'Énergie (IEA)



Fatih BIROL

Chief Economist, IEA

What Role for Biofuels in the Global Energy Scene?

Introduction

The world is facing twin energy-related threats: that of not having adequate and secure supplies of energy at affordable prices and that of environmental harm caused by consuming too much of it. Safeguarding energy supplies is once again at the top of the international policy agenda. Yet the current pattern of energy supply carries the threat of severe and irreversible environmental damage - including changes in global climate.

The need to curb the growth in fossil-energy demand, to increase geographic and fuel-supply diversity and to mitigate climate-destabilising emissions is more urgent than ever.

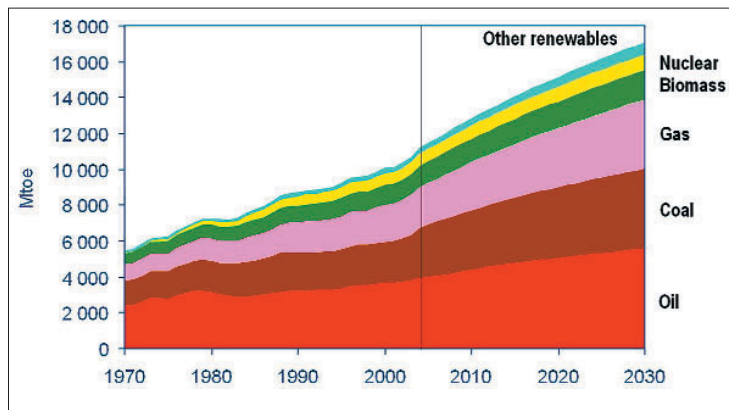
The International Energy Agency's World Energy Outlook 2006 confirms that fossil-fuel demand and trade flows, and greenhouse-gas emissions would follow their current unsustainable paths through to 2030 in the absence of new government action - the underlying premise of their Reference Scenario. It also demonstrates, in an Alternative Policy Scenario, that a package of policies and measures that countries around the world are considering would, if implemented, significantly reduce the rate of increase in demand and emissions. Importantly, the economic cost of these policies would be more than outweighed by the economic benefits that would come from using and producing energy more efficiently.

Reference Scenario: Global Energy Demand to 2030

Global primary energy demand in the Reference Scenario is projected to increase by just over one-half between now and 2030 - an average annual rate of 1.6%. Energy demand grows by more than one-quarter in the period to 2015 alone. Global energy-related carbon-dioxide (CO₂) emissions increase by 55% between 2004 and 2030, or 1.7% per year, in the Reference Scenario. They reach 40 gigatonnes in 2030, an increase of 14 Gt over the 2004 level.

Globally, fossil fuels will remain the dominant source of energy to 2030. In the Reference Scenario, they account for 83% of the overall increase in energy demand between 2004 and

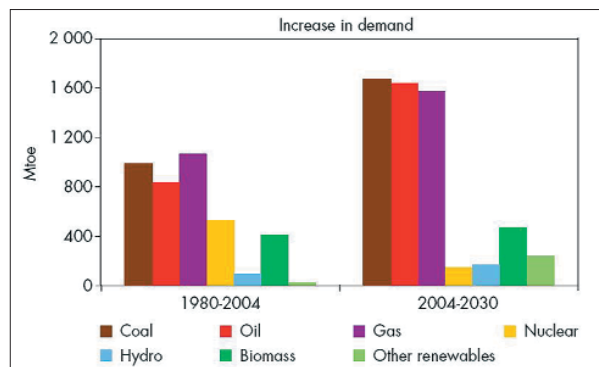
World Primary Energy Demand in the Reference Scenario



(Mtoe : Million tons of oil equivalent)

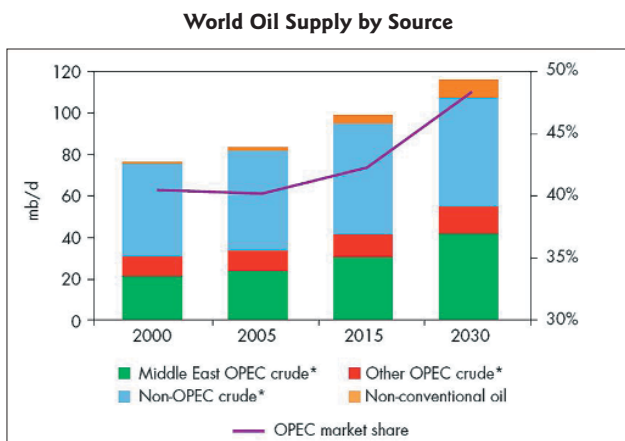
2030. The share of oil drops, though oil remains the largest single fuel in the global energy mix in 2030. Global oil demand reaches 99 million barrels per day (mb/d) in 2015 and 116 mb/d in 2030 - up from 84 mb/d in 2005. Coal sees the biggest increase in demand in absolute terms, driven mainly by power generation. China and India account for almost four-fifths of the incremental demand for coal. It remains the second-largest primary fuel, its share in global demand increasing slightly. The share of natural gas rises marginally. Hydropower's share of primary energy use also rises slightly, while that of nuclear power falls. The share of biomass falls a bit, accounting for 10% of total primary energy demand in 2030, as developing countries increasingly switch to using modern commercial energy, offsetting the growing use of biomass as feedstock for biofuels production and for power and heat generation. Other renewable energy technologies, including wind, solar, geothermal, wave and tidal energy, see the fastest increase in demand, but their share of total energy use still reaches only 1.7% in 2030 - up from 0.5% today.

World Primary Energy Demand by Fuel in the Reference Scenario



Over 70% of the increase in demand over the projection period of this scenario comes from developing countries. The OECD's share of world demand drops, from just under half in 2004 to 40% in 2030, while that of the developing countries jumps, from 40% to 50%. The share of China alone rises from 15% to 20%. The transition economies' share falls from 10% to 8%. The increase in the share of the developing regions in world energy demand results from their more rapid economic and population growth. Industrialisation and urbanisation boost demand for modern commercial fuels. The developing regions account for 23 million barrels per day (mb/d), or 71%, of the 33 mb/d increase in oil demand between 2005 and 2030, with demand growing most rapidly in volume terms in the developing Asian countries. Oil demand increases less quickly in the OECD regions and the transition economies. In volume terms, gas demand expands most in the Middle East. Coal demand grows most in developing Asia, where there are large, low-cost resources. Coal continues to dominate the fuel mix in India and China. By 2030, they account together for 57% of world coal demand, up from 43% in 2004. On the policy assumptions of the Reference Scenario, nuclear power declines in Europe, but increases in all other regions. Overall, nuclear power's share of world primary energy drops from 6% in 2004 to 5% in 2030. Hydropower continues to expand, mostly in developing countries. Most of the growth in the share of other renewable energy sources occurs in OECD countries.

Oil production in OPEC countries, especially in the Middle East, is expected to increase more rapidly than in other regions, because their resources are much larger and their production costs are generally lower. Saudi Arabia remains by far the largest producer



Including NGLs (Mb/d) : Million barrels/day

of crude oil and natural gas liquids. Most of the rest of the increase in OPEC production comes from Iraq, Iran, Kuwait, the United Arab Emirates, Libya and Venezuela. Outside OPEC, conventional crude oil production in aggregate is projected to peak by the middle of the next decade and decline thereafter. By 2030, the OECD as a whole imports two-thirds of its oil needs in the Reference Scenario, compared with 56% today. Much of the additional imports come from the Middle East, along vulnerable maritime routes. The concentration of oil production in a small group of countries with large reserves - notably Middle East OPEC members and Russia - will increase their market dominance and their ability to impose higher prices.

Developing countries account for over three-quarters of the increase in global CO₂ emissions between 2004 and 2030. China's emis-

sions more than double between 2004 and 2030, driven by strong economic growth and heavy reliance on coal in power generation and industry. China overtakes the United States as the world's biggest emitter before 2010.

Current trends in energy consumption are neither secure nor sustainable - economically, environmentally or socially. Inexorably rising consumption of fossil fuels and related greenhouse-gas emissions threaten our energy security and risk changing the global climate irreversibly. The trends described above, however, are not set in stone. Indeed, governments may take stronger action to steer the energy system onto a more sustainable path than the one projected in the Reference Scenario.

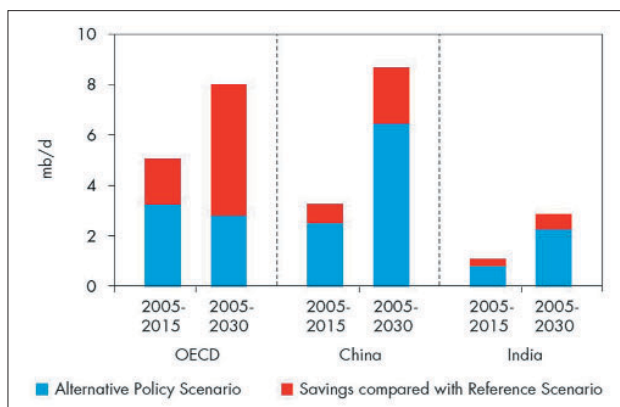
An Alternative Policy Scenario Energy Future

The World Energy Outlook 2006 provides an Alternative Policy Scenario, where the policies and measures that governments are currently considering aimed at enhancing energy security and mitigating carbon-dioxide emissions are assumed to be implemented. This scenario results in significantly slower growth in fossil-fuel demand, in oil and gas imports and in emissions. These interventions include efforts to improve efficiency in energy production and use, to increase reliance on renewables, including biofuels, and nuclear power, and to sustain the domestic supply of oil and gas within net energy-importing countries.

World primary energy demand in 2030 is about 10% lower in the Alternative Policy Scenario than in the Reference Scenario - roughly equivalent to China's entire energy consumption today. Global demand grows, by 37% between 2004 and 2030, but more slowly: 1.2% annually. The biggest energy savings in both absolute and percentage terms come from coal. Policies already under consideration are projected to achieve a 27% share of renewables by 2030, compared with 22% in the Reference Scenario.

In stark contrast with the Reference Scenario, OECD oil imports level off by around 2015 and then begin to fall. Even so, all three OECD regions and developing Asia are more dependent on oil imports by the end of the projection period, though markedly less so than in the Reference Scenario. Global oil demand reaches 103 mb/d in 2030 in the Alternative Policy Scenario instead of 116 mb/d in the Reference Scenario. Measures in the transport sector produce close to 60% of all the oil savings in the Alternative Policy Scenario. More than two-thirds come from more efficient new vehicles. Increased biofuels use and production, especially in Brazil, Europe and the United States, also helps reduce oil needs.

Increase in Net Oil Imports in Selected Importing Regions in the Alternative Policy Scenario



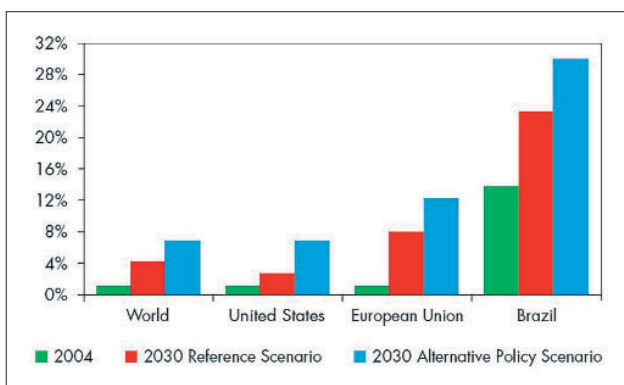
Globally, gas demand and reliance on gas imports are also sharply reduced vis-à-vis the Reference Scenario.

The adoption and implementation of the set of policies and measures analysed in the Alternative Policy Scenario would be a major step on the road to a more sustainable global energy system. They would begin to steer the world onto a markedly different energy path from that depicted in the Reference Scenario - a path that could lead, well beyond 2030, to a truly sustainable energy future in which energy supplies are secured and climate change is arrested. But adoption and implementation of those policies needs to begin immediately. Even in the Alternative Policy Scenario, however, fossil fuels will continue to dominate the global energy system, without major technological breakthroughs. Indeed, technologies exist today that could permit even more radical changes over the projection period, but there are many barriers to their deployment. The life span of the existing capital stock limits commercial opportunities for new plant construction - particularly in OECD countries. Moreover, even existing highly-efficient technologies have yet to be widely adopted. The costs are, in some cases, likely to be considerably higher than those of established technologies.

The Contribution of Biofuels

Biofuels are expected to make a significant contribution to meeting global road-transport energy needs, especially in the Alternative Policy Scenario. They account for 7% of the road-fuel consumption in 2030 in that scenario, up from 1% today. In the Reference Scenario, the share reaches 4%. Biofuels production increases from 15.5 Mtoe in 2004 to 92 Mtoe in 2030 in the Reference Scenario and to 147 Mtoe in the Alternative Policy Scenario. In both scenarios, the United States, the European Union and Brazil account for the bulk of the increase and remain the leading producers and consumers of biofuels.

Share of Biofuels in Road-Transport Fuel Consumption in Energy Terms



Ethanol is expected to account for most of the increase in biofuels use worldwide, as production costs are expected to fall faster than those of biodiesel - the other main biofuel. The share of biofuels in transport-fuel use remains far and away the highest in Brazil - the world's lowest-cost producer of ethanol.

The growing interest in biofuels stems partly from the potential that is thought to exist for lowering the costs of production through technological advances. In most parts of the world outside Brazil, biofuels cost significantly more to produce than conventional gasoline or diesel, even with crude oil prices of over \$70 per barrel. This is a critical barrier to commercial biofuel development. But costs have been declining over the last few years as the technology has improved and economies of scale have been exploited. Further cost reductions are achievable, even using existing technologies. It may also be possible to produce better-quality biofuels, with more favourable performance characteristics. This would allow biofuels to be blended with gasoline and diesel in higher proportions than are currently feasible without engine modifications. New biofuels technologies being developed today, notably ligno-cellulosic ethanol, could allow biofuels to play a much bigger role than that foreseen in either scenario. But significant technological challenges still need to be overcome for these second-generation technologies to become commercially viable.

Rising food demand, which competes with biofuels for existing arable and pasture land, will constrain the potential for biofuels production using current technology. About 14 million hectares of land are now used for the production of biofuels for transport, equal to about 1% of the world's currently available arable land. This share rises to 2% in the Reference Scenario and 3.5% in the Alternative Policy Scenario. The amount of arable land needed in 2030 is equal to more than that of France and Spain in the Reference Scenario and that of all the OECD Pacific countries - including Australia - in the Alternative Policy Scenario.

Policy Implications

A growing number of governments are actively supporting the development of the biofuels sector in recognition of the environmental benefits and energy-security benefits from reduced oil imports and from more diverse sources of energy supply. Although national circumstances vary markedly, in every country that has managed to develop a sizeable biofuels industry, strong government support has been required to kick-start the industry and bridge the gap between the market value of the fuel and its production cost.

Current trade in biofuels is modest, but it is growing rapidly. Trade barriers and other forms of subsidy, however, currently prevent the emergence of an international market in biofuels. It is very uncertain to what extent major centres of biofuels demand will allow imports of biofuels in the future. Trade and subsidy policies will be critical factors in determining where, and with what resources and technologies, biofuels will be produced in the coming decades, the overall burden of subsidy on taxpayers and the cost-effectiveness of biofuels as a means of reducing carbon-dioxide emissions and promoting energy diversity. ■

(More on IEA website : www.worldenergyoutlook.org)

Vous pouvez trouver la traduction en français de ce texte sur le site : www.inter-mines.org/Revue des Ingénieurs/Supplément revue



Stéphane HIS

Ingénieur économiste à l'IFP



Denis BABUSIAUX (P63)

Directeur à l'IFP et Professeur de l'IFP

Les biocarburants : de quoi parlons-nous ?

Il existe aujourd'hui deux grands types de biocarburants : l'éthanol qui est utilisé dans des moteurs de type "essence" et les esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV) destinés à un usage dans les moteurs de type "diesel". L'éthanol est le biocarburant dont l'usage est le plus répandu à l'échelle mondiale. Sa production est pratiquement dix fois plus importante que celle du biodiesel (en 2005, 36 Mt dont 80% utilisés en tant que carburant contre un peu moins de 4 Mt de biodiesel). Après une présentation des filières de production, nous évoquerons rapidement certains aspects économiques et environnementaux et consacrerons la dernière partie de cet article aux différents marchés des biocarburants dans le monde.

Les biocarburants de première génération

Les filières traditionnelles

L'éthanol est aujourd'hui produit à partir de deux grands types de cultures : les plantes sucrières (cannes à sucre, betteraves) et les plantes amylacées (blé, maïs). Ces différentes filières passent toutes par une étape de fermentation, qui transforme les sucres en éthanol, et une étape plus ou moins poussée de distillation qui sépare l'alcool de l'eau. Sont également générés des coproduits dont la valorisation est souvent importante pour la rentabilité des projets. À titre d'exemple, la filière ex-maïs ou blé produit des quantités importantes de drêches (de l'ordre d'un peu plus d'une tonne de drêches par tonne d'éthanol) valorisées sur le marché de l'alimentation animale.

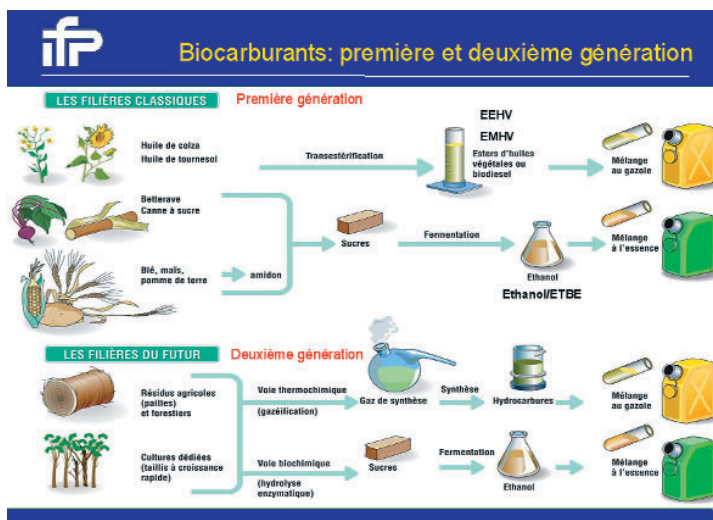
L'éthanol peut être utilisé pur, en mélange ou bien encore sous sa forme d'ethyl tertio buthyl ethet, plus connu sous sa forme "ETBE", produit par réaction avec de l'isobutène issu des raffineries ou de la pétrochimie. Son usage pur ou à de très fortes concentrations (par exemple 85 % ou E85) nécessite une adaptation spécifique du véhicule (systèmes d'injection, réglages moteur, compatibilité des plastiques et des joints, stratégies spécifiques pour le démarrage à froid pour l'éthanol pur).

Il est plus généralement utilisé à des teneurs plus faibles, comprises entre 5 et 10 %. À ces teneurs, aucune adaptation du moteur n'est nécessaire, même si cet usage peut impliquer certaines difficultés techniques : en présence de traces d'eau à de faibles teneurs en

éthanol, les phases essence et alcool peuvent se séparer (phénomène de démixtion) ; l'ajout d'éthanol à de l'essence accroît sa propension à s'évaporer (augmentation de la tension de vapeur). L'utilisation de l'ETBE essentiellement réalisée en Europe supprime ces inconvénients.

Les EMHV sont produits à partir d'huiles végétales issues par exemple de colza, de tournesol, de soja ou même de palme. Dans le cas où l'huile provient du broyage de graines (colza, soja, tournesol), un résidu solide (le tourteau) est produit (1 à 1,5 tonne de tourteau/tonne d'huile), réservé à l'alimentation animale. Inadaptées à l'utilisation directe des moteurs diesel modernes des véhicules particuliers, les huiles végétales sont transformées par une réaction de transestérification avec un alcool, aujourd'hui le méthanol, pour produire des esters méthyliques d'huiles végétales et de la glycérine (0,1 t de glycérine/t d'EMHV). Le rôle de la glycérine, un coproduit aujourd'hui incontournable, demeure important dans la rentabilité finale de la filière.

Tout comme l'éthanol, l'EMHV peut être utilisé pur ou en mélange. L'utilisation pure nécessite des adaptations du véhicule. Aujourd'hui, l'EMHV est principalement utilisé en mélange à des teneurs variant de quelques % jusqu'à 30% en flottes captives.



Les nouvelles filières de production de biocarburants

D'autres filières, mobilisant d'autres types de ressources ou utilisant d'autres voies de transformation, apparaissent actuellement avec comme objectif à la fois de diversifier la ressource mais aussi d'améliorer la qualité

des produits. Il s'agit en particulier du diesel de synthèse obtenu par hydrogénation des huiles végétales dont deux unités sont prévues à court terme en Finlande. Peuvent également être cités les esters éthyliques d'huile végétale (EEHV). Cette variante des EMHV utilise, pour la synthèse de l'ester, de l'éthanol à la place du méthanol issu du gaz naturel. Le produit final a des propriétés équivalentes à celles de l'EMHV. Au Brésil, cette filière, en phase de développement, bénéficie d'une large disponibilité d'éthanol peu cher. En Europe, il s'agit surtout d'arriver à introduire de l'éthanol dans le gazole. Le marché européen des carburants est en effet caractérisé par une forte demande en gazole, qui pourrait encore s'accroître dans le futur, conduisant à préférer la filière EMHV. Mais la logique d'optimisation des surfaces mobilisées pour la production de biocarburants pousse au développement de l'éthanol (meilleur rendement à l'hectare). La tentation d'introduire de l'éthanol dans le gazole est donc forte. Enfin, cette liste ne serait pas complète si les récentes annonces faites par BP en collaboration avec Dupont sur le Butanol n'étaient pas citées. Le butanol est un alcool plus lourd que l'éthanol qui a la vertu de gommer une grande partie des inconvénients de l'éthanol (notamment en ce qui concerne les aspects de volatilité).

La seconde génération de biocarburants

Les filières biocarburants dites de seconde génération peuvent être définies comme étant celles qui utilisent de la biomasse lignocellulosique, source de carbone renouvelable la plus abondante de notre planète. Elle est principalement constituée des trois polymères de la paroi cellulaire végétale : la cellulose, les hémicelluloses et la lignine. Ceux-ci sont présents en proportions variables selon la plante considérée, la cellulose représentant de 30 à 50% de la matière première. Au niveau mondial, on estime aujourd'hui que 5% au moins de la production totale de biomasse pourraient être mobilisables pour la production d'énergie soit un total de 13,5 Milliards (Mds) de tonnes de matières premières représentant près de 6 Mds de tonnes équivalent pétrole, près de 50% de la consommation mondiale d'énergie. Seul 1/5^{ème} de ce potentiel est actuellement exploité, dont la majeure partie sous la forme de bois énergie (80%) et une part minime pour le transport (1% en 2005).

Tableau 1. Quantités de biomasse énergétique dans le Monde

	Quantités de biomasse
Produits forestiers	2,36 Gt
Produits agricoles non alimentaires	5,33 Gt
Résidus de culture	3,5 Gt
Résidus d'industrie du bois	2,1 Gt
Autres résidus (graisses animales...)	0,19 Gt
Total	13,5 Gt

Grâce à la mise en culture des terres à potentialités agricoles, l'exploitation des résidus ainsi que l'augmentation attendue des rendements dans les pays en voie de développement, ce potentiel pourrait croître pour atteindre environ 18 Mds de tonnes de biomasse en 2050 (soit environ 9 Gtep en énergie primaire).

Seule une part de cette ressource pourra être utilisée pour la production de biocarburants, part difficile à estimer aujourd'hui. Mais l'extrapolation à 2050 à l'échelle mondiale du taux de substitution de 30% de biocarburants envisagé en Europe et aux États-Unis pour 2030, permet néanmoins de fixer les ordres de grandeur : cela signifierait la production d'environ un Mds de tep de biocarburants. Cette estimation qui peut paraître ambitieuse reste cepen-

dant cohérente avec les gisements de biomasse mobilisables. Dans ses dernières estimations l'AIE envisage seulement un taux de substitution de 4 à 7% de carburants pétroliers par des carburants d'origine végétale à l'horizon 2030, en se basant sur les biocarburants de 1^{ère} génération. On saisit bien là tout l'enjeu de la mise en place des filières biocarburant de seconde génération : sans leur mise en oeuvre, les biocarburants ne représenteront qu'une part relativement modeste, sans pour autant être complètement marginale, de la consommation mondiale d'énergie dans le secteur des transports.

Deux filières sont essentiellement envisagées aujourd'hui : une voie visant la production de carburant gazole et de kérosène (la filière BtL) et une voie visant la production d'éthanol.

La filière BtL pour le gazole et le kérosène

La filière BtL, en anglais "Biomass to Liquid", est une voie dite "thermochimique" comportant trois grandes étapes. Une première étape de conditionnement de la biomasse a pour objectif de transformer la ressource végétale, par pyrolyse ou torréfaction, en un matériau homogène et injectable dans un gazéifieur. La pyrolyse (pyrolyse rapide) produit majoritairement du liquide tandis que la torréfaction facilite le broyage du bois pour obtenir un solide finement divisé.

Les étapes suivantes sont semblables à celles des procédés utilisant comme matière première du gaz naturel (GtL, Gas to Liquids) ou du charbon (CtL, Coal to Liquids) développés pour contourner les difficultés d'approvisionnement en pétrole pendant la seconde guerre mondiale en Allemagne ou durant l'embargo du régime de l'apartheid en Afrique du Sud.

Deuxième étape, la gazéification est une opération thermique à très haute température (1 200°C à 1 300°C) qui s'effectue en présence d'un réactif gazeux (vapeur d'eau, oxygène) et produit un gaz dit de synthèse contenant principalement de l'hydrogène et du monoxyde de carbone. Au cours de ces différentes opérations, de grandes quantités de CO₂ sont générées. Aucune technologie spécifique de gazéification de la biomasse n'est aujourd'hui arrivée au stade industriel. L'essentiel des solutions proposées sont en fait issues des technologies utilisées au stade industriel pour le gaz naturel, le charbon ou le pétrole.

Après purification du gaz de synthèse, la troisième et dernière étape dite de synthèse du carburant se fait par le procédé Fischer-Tropsch, et permet de produire de l'essence, du gazole et du kérosène à partir du gaz de synthèse issu de la gazéification. En présence d'un catalyseur à base de fer, la réaction Fischer-Tropsch est surtout orientée vers la production d'essence. En présence d'un catalyseur à base de cobalt, la synthèse produit éventuellement des bases pour gazole et kérosène. Les produits ainsi obtenus ne contiennent ni soufre, ni azote, ni aromatiques. Le carburant obtenu offre une opportunité de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports aériens, où les substitutions au pétrole restent très limitées.

Il existe plusieurs technologies Fischer-Tropsch dont certaines sont arrivées au stade industriel ou de la démonstration (Sasol, Shell, Statoil, Exxon, BP, Conoco, Rentech, IFP/ENI, Syntroleum).

La production d'éthanol ex-matières lignocellulosiques

Les procédés de production d'éthanol à partir de matériaux lignocellulosiques sont proches de ceux utilisés à partir de maïs ou de

blé. Le glucose est converti en éthanol par fermentation. Auparavant deux premières étapes sont spécifiques à cette filière.

La première, après broyage pour la paille ou découpage en copeaux pour le bois, consiste en une préparation de la matière première par explosion à la vapeur ou cuisson en présence d'acide dilué. Ces opérations ont pour but de déstructurer la matière lignocellulosique pour permettre l'accès aux parties "sucrées" de la biomasse (hémicellulose et cellulose), cette dernière étant la seule à pouvoir au final être transformée en éthanol.

À noter que ces deux technologies vont peser sur le coût du procédé, notamment en termes d'investissements, car elles nécessitent des équipements résistant à la pression et à des conditions acides corrosives.

La seconde étape consiste à casser les molécules de cellulose en glucose par hydrolyse enzymatique. Cette opération est aujourd'hui très pénalisante sur le plan économique car la quantité d'enzymes nécessaire se situe dans un rapport estimé entre 10 et 100 par rapport à celle des filières traditionnelles (maïs, blé). De nombreux travaux de R&D visent ainsi à améliorer cette conversion par optimisation directe du procédé et un travail spécifique pour augmenter l'activité des enzymes (biologie moléculaire).

Une autre piste pour l'amélioration de la compétitivité de cette filière est l'utilisation des héli-celluloses pour produire de l'éthanol. En effet, aujourd'hui seule la cellulose qui représente au maximum 50 % de la matière lignocellulosique peut générer du glucose : les hémicelluloses contiennent des pentoses, sucres non convertibles en éthanol par les organismes classiquement utilisés en fermentation. Ceci limite bien évidemment la rentabilité de la filière.

De nombreux travaux de recherches sont menés sur ces filières de seconde génération, en particulier aux États-Unis et en Europe. L'IFP est d'ailleurs très impliqué dans ces projets tant au niveau national (Plan national de la recherche sur les bioénergies) qu'au niveau européen (l'IFP est leader du projet NILE¹ qui étudie la production d'éthanol à partir de matières lignocellulosiques).

Un des objectifs majeurs de ces travaux est la réduction des coûts de production : aujourd'hui de l'ordre de 1€/l équivalent pétrole pour les deux filières ; des cibles ambitieuses pour l'horizon 2010-2015 de 0,4€/l équivalent pétrole pour l'éthanol et 0,7€/l pour la filière BtL ont été fixées. À plus long terme, certains annoncent même pouvoir atteindre 0,5€/l équivalent pétrole pour la filière BtL.

Les biocarburants, une alternative crédible au pétrole pour le secteur des transports ?

Les bilans énergétiques et environnementaux faisant l'objet d'autres articles de ce numéro, nous nous limiterons ici à quelques brèves observations. Ces bilans sont toujours positifs, mais

controversés sur la quantification des gains attendus. Les écarts d'évaluation observés entre différentes études sont principalement expliqués par des considérations d'ordre méthodologique (affectation aux co-produits). Parmi les études de référence, citons celle réalisée en 2002 par Price Waterhouse Coopers/Ecobilan pour l'ADEME et la DIREM et celle faite en 2004 et 2006 par le Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne, le CONCAWE (association représentant les pétroliers pour les questions d'environnement à Bruxelles) et l'EUCAR (bras R&D de l'Association des Constructeurs Européens d'Automobile).

Les résultats de ces études sont donnés dans le tableau ci-dessus. Ils sont plutôt convergents sur les filières EMHV qui offrent les meilleurs bilans et divergents sur la filière éthanol de première génération. On remarquera également les gains très importants obtenus pour les filières biocarburants de seconde génération.

Le coût des biocarburants reste élevé en Europe. Il se rapproche cependant, avec l'augmentation du cours du baril, aux prix hors taxes des carburants traditionnels, essence et gazole.

	Etude ADEME/DIREM		Etude JRC/EUCAR/CONCAWE	
	Gain en Consommation d'énergie (%)	Gain en émission de GES (%)	Gain en Consommation d'énergie (%)	Gain en émission de GES (%)
Ethanol ex blé	57	60	22	30
Ethanol ex betterave	58	61	24	32
Ethanol ex ligno cellulosique	-	-	76	78
EMHV colza	69	70	64	53
EMHV tournesol	71	75	74	78
BtL	-	-	94	94

Les coûts particulièrement bas de l'éthanol au Brésil, sont même dès aujourd'hui compétitifs avec ceux des carburants pétroliers. Le développement des biocarburants nécessite ainsi encore, dans la grande majorité des cas, un soutien adapté de la part des pouvoirs publics.

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 % et 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 conséquences du développement important de la filière éthanol outre Atlantique.

Il faut également noter que 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 agromonomiques 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 (première génération) et la nécessité d'envisager de nouvelles options dans ce domaine si des objectifs plus ambitieux de substitution des carburants pétroliers doivent être atteints (au delà de 10%).

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

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). Ces derniers ont joué un rôle déterminant sur l'évolution de la consommation d'éthanol carburant. Ils permettent au consommateur brésilien de choisir à la pompe (en fonction des prix affichés) entre un carburant essence contenant déjà 20 à 25% d'éthanol, taux fixé par le gouvernement, et de l'éthanol pur.

Le secteur de la production d'éthanol au Brésil est aujourd'hui en pleine expansion. Un certain nombre d'infrastructures, terminaux portuaires et pipelines, sont en cours de construction pour favoriser l'exportation. 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 sont le 2^{ème} 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 observée en Europe (1,2%). Mais l'augmentation devrait se poursuivre pour s'affranchir de la dépendance pétrolière au

Moyen-Orient. L'Energy Policy Act de 2005 affiche un objectif ambitieux qui est de faire croître la production de près de 12 Mt en 2005 à 22,5 Mt en 2012 par des mesures d'obligation d'incorporation. Le président Bush, lors de son dernier discours sur l'état de l'Union, a donné une impulsion encore plus forte en fixant à l'horizon 2017 un objectif de production de 35 Mds de gallons de carburants de substitution (soit 100 Mtep en grande partie de biocarburants). Les États-Unis devront très largement s'appuyer sur les filières de 2^{ème} génération pour atteindre cet objectif.

L'Europe présente un certain retard par rapport au Brésil et aux États-Unis. En 2005, elle n'a pas atteint son objectif de substitution de 2% de la consommation de carburants pétroliers, les biocarburants n'ont représenté que 1,2% de la consommation finale du secteur transport (4,2 Mt dont 80% d'EMHV). La production européenne d'éthanol en 2005 s'est concentrée en Espagne, Suède, Allemagne et France. Fait marquant 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 (pour l'essentiel utilisé en Suède). Les imports d'éthanol se sont largement développés au Royaume-Uni, en Allemagne et en Suède, en provenance 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").

L'EMHV

Contrairement au marché de l'éthanol le marché mondial de l'EMHV est dominé par l'Europe. La part croissante de la consommation de gazole (60% de la consommation de carburants) explique, en partie, le développement rapide de l'EMHV. Sa production en Europe a ainsi augmenté de manière très importante 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, la République tchèque et la Pologne, ont des capacités déjà en place et affichent une réelle volonté de devenir des acteurs importants du domaine.

Aux États-Unis les EMHV ont longtemps été ignorés des textes réglementant l'usage des biocarburants. Ils apparaissent aujourd'hui clairement et font partie des alternatives aux gazoles moteurs pour des véhicules lourds, accessibles en particulier aux gestionnaires de flottes publiques, donnant accès, à des aides financières. La production de biodiesel aux États-Unis est en très forte croissance : de moins de 100 000 t en 2004, elle a atteint environ 250 000 t en 2005 et est annoncée à près de 850 000 t en 2006, avec une capacité de production estimée à 2Mt. Cette évolution devrait faire des États-Unis un acteur majeur de la filière à brève échéance.

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. 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% sont mises en place en Chine, deuxième producteur de maïs et en Inde, deuxième producteur mondial de canne à sucre. 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.

Perspectives

En se basant sur les perspectives de croissance de capacité de production et les différents objectifs de consommations des princi-

pales 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 10% de substitution de carburants pétroliers, le recours aux biocarburants de 2^{ème} génération est indispensable. Ces nouvelles filières utilisent la matière lignocellulosique (bois, paille), ressource plus abondante et non en concurrence avec celle issue des cultures alimentaires. ■

Pour en savoir plus

Fiches "Panorama IFP 2007", www.ifp.fr

Daniel Ballerini, Nathalie Alazard-Toux "Les biocarburants, état des lieux, perspectives et enjeux du développement" Ed. Technip, Paris, 2006.

¹ New Improvement for Ligno-cellulosic Ethanol



Jacques de NAUROIX (N67)
Directeur des Relations Institutionnelles
TOTAL

TOTAL et les biocarburants

La politique de Total en matière de biocarburants s'inscrit à la fois dans la vision du groupe de la situation pétrolière générale et du contexte particulier des marchés où il opère.

Les dynamiques des différents marchés de l'énergie et le défi posé par le réchauffement climatique servent aussi de base à la définition de la politique du Groupe en matière d'énergies renouvelables et en particulier de biocarburants.

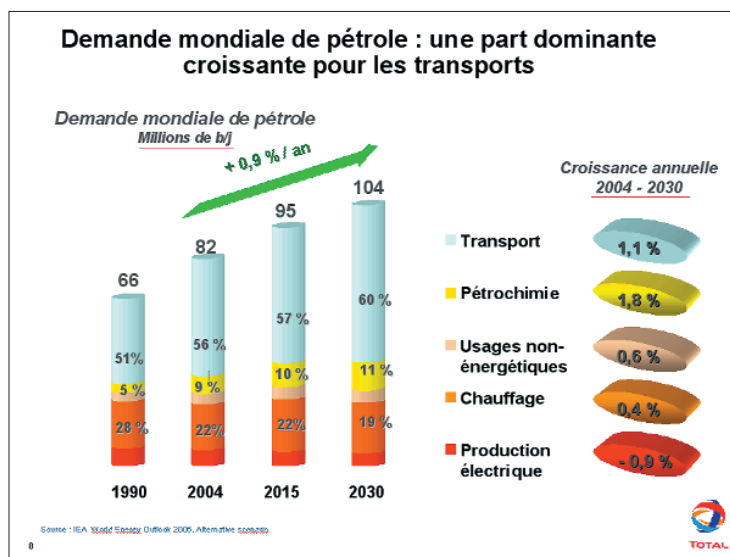
Le contexte global de l'offre et de la demande de pétrole

Depuis 2004, les marchés pétroliers sont extrêmement volatils. Les tensions qui ont pesé aussi bien sur l'offre que la demande en sont à l'origine.

D'un point de vue de l'offre, la croissance de la production de pétrole est modérée et est probablement appelée à le rester. Plusieurs raisons poussent aujourd'hui à cette affirmation : Le Pétrole conventionnel non-OPEP est dans l'ensemble exploité dans des bassins matures, dont la production décline comme aux États-Unis (hors champs en mer), en Mer du Nord au Royaume-Uni et en Norvège, mais aussi au Canada, dans certains pays d'Amérique du Sud comme la Colombie ou l'Argentine et dans certains pays du Moyen-Orient comme Oman. Les réserves de pétrole conventionnel se concentrent pour près des 2/3 dans les pays de l'OPEP. Or l'objectif de ces pays est de satis-

faire leurs besoins financiers nécessaires à leur développement interne. Ils n'ont pas de raison de satisfaire une demande extérieure supplémentaire qui diminuerait d'autant leurs réserves. La hausse du prix du pétrole n'est plus un incitatif à l'augmentation de l'offre.

Enfin les réserves de pétrole non conventionnel sont considérables, mais les défis technologiques, environnementaux et financiers qu'elles génèrent pour être exploitées le sont au moins autant. Le développement des sables bitumineux du Canada et du Venezuela,



voire des schistes bitumineux américains nécessite tellement d'investissements que la stabilité des conditions géopolitiques, financières et fiscales est un pré requis et que la montée de la production sera étalé sur plusieurs dizaines d'années. Ces réserves permettant une diversification par rapport au Moyen-Orient sont d'autant

plus intéressantes qu'elles offriront des profils de production plus longs contribuant ainsi à une amélioration de la sécurité d'approvisionnement. La "date" à laquelle apparaîtrait le "peak oil" (c'est-à-dire le moment où la croissance de l'offre ne suivra plus la croissance de la demande) peut dans ce contexte apparaître comme secondaire par rapport à ces effets structurels, même s'ils sont partiellement liés. La géopolitique du pétrole et les facteurs technologiques sont en fait peut-être plus déterminants que le montant des réserves.

La demande de pétrole a été caractérisée par une croissance très forte ces dernières années, croissance dopée par la robustesse à la fois de la croissance économique américaine et par une demande chinoise non maîtrisée. Les disponibilités abondantes en matière de réserves, les prix et les technologies disponibles font que les usages énergétiques liés à la production d'électricité comme aux besoins de chauffage seront principalement couverts par des ressources non pétrolières (gaz naturel, charbon, énergie nucléaire, énergies renouvelables comme l'hydraulique, l'éolien ou le solaire). Les usages du pétrole vont donc continuer de se concentrer sur ceux où il est le plus difficilement substituable à savoir le transport et comme matière première, principalement pour la pétrochimie. Le plus important est de loin le premier, et au sein de celui-ci, donc le transport routier. La croissance du transport aérien et du besoin de kérosène peuvent devenir une contrainte forte selon la flexibilité de la conversion dans les raffineries. La compatibilité d'un développement économique, que l'on ne peut que souhaiter mondial, avec une croissance maîtrisée des besoins de transport, et avec une croissance de l'offre pétrolière que tout indique comme devant être limitée, est l'un des premiers défis auquel aura à faire notre industrie.

La contrainte climatique

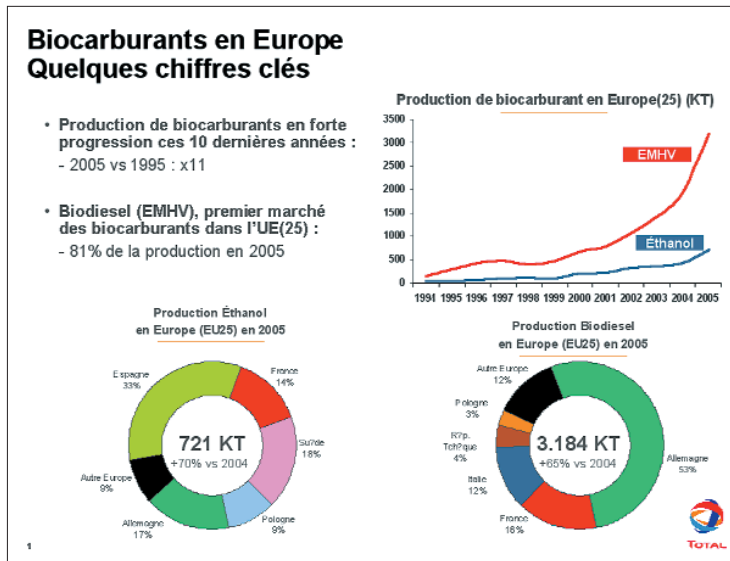
Le réchauffement climatique est une réalité maintenant "sans équivoque" et l'origine anthropique du phénomène est aujourd'hui considérée comme "très vraisemblable". La prise de conscience des conséquences du phénomène se développe de manière universelle. Les politiques publiques pouvant apporter leur contribution à une correction ou une maîtrise de la situation sont, suivant les pays, dans des états d'avancement plus ou moins importants. Elles sont les plus avancées en Europe, se développent maintenant très vite aux États-Unis en partant d'initiatives souvent locales, encore embryonnaires dans les pays en voie de développement ou émergents.

Trois axes principaux d'action émergent : l'amélioration de l'efficacité énergétique, le développement des énergies renouvelables et la capture-séquestration du CO₂.

Ces trois axes d'action se situent dans des perspectives temporelles différentes. Les trois axes nécessiteront des développements technologiques importants, mais aussi le développement de politiques publiques favorisant leur développement, alors que les équilibres actuels de marché ne le permettent pas. Les progrès dans ce domaine devront à la fois être rapides, efficaces et équitables, sous peine de générer des tensions sociales ou internationales fortes et potentiellement non maîtrisables. Le protocole de Kyoto ne constitue aujourd'hui qu'une ébauche d'architecture politique permettant de progresser dans ce domaine.

Les Biocarburants

Dans ce contexte, les biocarburants contribuent à la fois à l'allègement des contraintes géopolitiques sur l'offre et sur la demande de pétrole, et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Mais la faible intensité énergétique des matières premières agricoles utilisées ainsi que leur dispersion géographique pénalisent leurs coûts de collecte, de logistique et de transformation. Ils sont donc le plus souvent non compétitifs avec les énergies fossiles, nécessitant donc des subventions, mais ce handicap pourrait se réduire dans le futur dans un contexte d'hydrocarbures chers, permettant ainsi de valoriser une part croissante du potentiel de biomasse utilisable pour faire des carburants.



Aujourd'hui, pour les biocarburants, deux voies sont opérationnelles :

La voie biologique permettant de produire de l'éthanol à partir de céréales ou de plantes dédiées à la production de sucre (telles que la betterave ou la canne à sucre). L'éthanol est incorporé directement dans les essences ou combiné avec un composant pétrolier, pour produire un éther (ETBE) dont les caractéristiques améliorées permettent une incorporation plus facile dans le pool des essences de raffinerie. Il peut être aussi utilisé quasiment pur dans des véhicules presque dédiés (flex-fuels). Cette voie s'est principalement développée dans les pays où les motorisations "essences" sont prédominantes (États-Unis et Brésil) et où les conditions climatiques et d'ensoleillement permettent l'obtention de rendements agricoles élevés et donc une quasi-rentabilité avec les carburants fossiles classiques. Le développement de cette filière en Europe est aussi limité par la décroissance structurelle du marché des essences, le continent européen exportant massivement ses excédents de production d'essences vers les États-Unis.

La voie oléochimique permet de produire des esters d'huiles végétales (EMHV) par réaction de méthanol (ou d'éthanol) sur une huile. Il peut être utilisé pur dans des véhicules diesel dédiés ou en mélange à hauteur de 5% pour tous les véhicules diesel et jusqu'à 30% pour des flottes captives. Les esters sont principalement utilisés en Europe où les motorisations diesels sont prédominantes. Ils sont produits à partir d'huiles de colza et dans une moindre mesure de tournesol de palme ou de soja. Le développement du biodiesel contribue significativement à l'amélioration de

BtL et gazéification de biomasse

Considérée comme l'une des voies possibles pour produire des biocarburants de deuxième génération, la voie BtL (Biomass to Liquid) consiste à gazéifier de la biomasse et produire un carburant à partir du gaz de synthèse préalablement purifié et conditionné. Cette filière nécessite un enchaînement complexe d'étapes et de technologies, un niveau très élevé d'investissement et de grandes quantités de matières premières.

Une unité de gazéification de biomasse, serait en revanche susceptible de s'intégrer en raffinerie et de contribuer à abaisser les coûts d'investissement et d'exploitation, préfigurant ainsi ce que pourrait être une bio-raffinerie de pétrole et de biomasse.

la sécurité d'approvisionnement en Europe, le continent important massivement ses déficits de diesel principalement de Russie.

La production de biocarburants a été multipliée par 7 entre 1994 et 2005, mais les filières actuelles présentent cependant des faiblesses structurelles :

- L'utilisation de ressources au potentiel agronomique est limitée, en particulier pour les huiles végétales, en concurrence avec des usages non substituables, en particulier pour les cultures alimentaires. La mobilisation de l'ensemble des terres en jachères de l'Union Européenne (environ 6 millions d'hectares) représente un potentiel de 7 à 15 millions de tonnes de biocarburants soit de l'ordre de 2 à 5% des carburants consommés en Europe.
- La consommation interne d'énergie par les filières de production depuis le champ jusqu'à la mise sur le marché, en particulier pour la production d'éthanol à partir d'amidon ou de betterave, n'est pas négligeable, et peut remettre en cause les gains en matière de CO₂, surtout pour des végétaux fortement consommateurs d'engrais et d'eau comme le maïs.
- Le coût de production des biocarburants, dépendant des coûts des matières premières agricoles, demeure bien supérieur à celui des carburants fossiles (hors toutes taxes). Une politique fiscale et réglementaire est donc nécessaire à leur développement.
- Les biocarburants actuels ne sont pas entièrement compatibles avec les carburants fossiles classiques. Leur usage entraîne de ce fait des problèmes logistiques et de formulation qui freinent et renchérissent leur développement. Pour l'éthanol il s'agit principalement de la miscibilité du produit avec l'eau et les hydrocarbures et la tension de vapeur qui a une incidence sur les émissions de composés organiques volatils et pour les esters, l'indice de cétane et la stabilité du produit dans le temps.
- Les marchés des biocarburants sont encore dans une très large part des marchés nationaux obéissant à des réglementations nationales, alors que les marchés pétroliers sont totalement intégrés. Cette différence de maturité induit aussi des surcoûts sur l'ensemble de la filière.

L'enjeu à long terme des biocarburants est donc de parvenir à étendre le champ et la disponibilité des ressources possibles, notamment à travers le développement agronomique vers des plantes dédiées et l'utilisation de la totalité de la plante, donc de

ce qui constitue actuellement des déchets en limitant la concurrence avec l'alimentaire, tout en continuant à produire des carburants compatibles avec les carburants fossiles actuels. L'enjeu est d'éviter les investissements dans des filières logistiques dédiées, nécessairement très lourdes, et de permettre à l'industrie automobile de continuer à développer des motorisations sans besoin de faire appel à des carburants spécifiques.

Total et les biocarburants

Total est un acteur pétrolier majeur de la filière biocarburants en Europe.

Pour répondre aux défis du futur énergétique, Total a choisi deux axes prioritaires : la promotion de l'efficacité énergétique et la diversification de l'offre d'énergie, en privilégiant une gestion optimale des énergies fossiles et le développement des énergies renouvelables et alternatives. Dans ce cadre, l'utilisation de la biomasse en complément des ressources fossiles est incontournable, même si cette contribution reste encore modeste.

Total souhaite donc augmenter l'usage de carbone renouvelable dans ses produits, en synergie avec ses activités industrielles. Face à la multiplicité des options de valorisation de la biomasse, Total ne cherche pas à identifier de façon générique la meilleure filière ou la meilleure technologie, mais plutôt à sélectionner les options les plus pertinentes en synergie avec ses activités et adaptées au contexte local. Total privilégie les partenariats avec les acteurs concernés : producteurs de ressources, fournisseurs de technologies, industriels, recherche académique...

Ses partenariats sont nombreux. Depuis 1993, Total participe activement au développement des biocarburants. En 2006, il conforte sa position d'acteur majeur pétrolier de la filière biocarburants en Europe en produisant plus de 450 000 tonnes d'ETBE dans sept raffineries et en incorporant plus de 500 000 tonnes d'EMHV dans les gazoles produits dans huit raffineries européennes.

Le Groupe a par ailleurs identifié différentes filières et technologies susceptibles de présenter des synergies intéressantes avec ses activités et mène des travaux, le plus souvent en partenariat, pour en confirmer le potentiel et les développer.

Voici quelques exemples de partenariats engagés depuis 2005 :

- En mai 2005, Total a signé avec Sofiprotéol et Diester Industrie un accord de partenariat portant sur :
 - un approvisionnement à moyen terme de Total par Diester,
 - une assistance technique pour la construction des nouvelles unités de production de Diester,
 - une coopération en R&D,
 - le développement éventuel des relations en particulier dans le cadre européen.
- En juillet 2005, Total a signé un protocole d'accord avec le finlandais Neste Oil pour le développement d'un nouveau biodiesel (NEX BTL) de haute qualité à partir d'huiles végétales ou de graisses animales.
- Biomass to Liquid (BtL) : Total a rejoint trois partenariats en Allemagne (voir encadré).
- Hydro Thermal Upgrading (HTU) : valorisation de biomasse humide par pyrolyse à haute pression pour produire un "bio-brut" susceptible d'être valorisé en raffinerie. Procédé innovant développé avec des partenaires néerlandais.

- Nouvelles bases de biocarburants :
 - partenariat R&D avec Sofiprotéol, leader français de la production d'oléagineux et d'EMHV (cf. plus haut),
 - participation à un projet d'évaluation des performances des esters éthyliques d'huiles végétales (EEHV) comme base gazole dans le cadre d'un partenariat piloté par l'IFP,
 - évaluation de nouvelles bases de synthèse issues de ressources végétales.
- ENERBIO : participation à la création du fonds ENERBIO dédié au financement de recherches et études exploratoires sur les bio-énergies (www.fondation-tuck.fr).
- Total participe également à plusieurs projets financés par l'ANR - Agence Nationale de la Recherche (www.gip-anr.fr) et contribue activement aux travaux de la Plateforme Technologie Biofuels mise en place par la Direction Générale Recherche de la Commission européenne en juin 2006 (www.biofuelstp.eu). ■



Noël LAMORATTA

Directeur chargé de mission Synthèse Client



Bernard LARRICQ (N67)

Chef de projet industrialisation



Gaël FABRE (N00)

Président du Club Mines-Automobile

RENAULT : un constructeur très engagé vis-à-vis des biocarburants

L'utilisation de produits issus de l'agriculture comme carburants n'est pas une innovation récente. Ainsi, dans l'entre-deux-guerres, la France a connu une importante consommation de bioéthanol. L'objectif recherché alors, consistait à réduire la dépendance vis-à-vis du pétrole. Celui-ci est toujours d'actualité mais doit être mis en perspective aujourd'hui, dans un cadre plus global prenant également en compte des dimensions économiques, agricoles et environnementales.

Les constructeurs automobiles doivent répondre à un marché hautement normalisé par les différentes instances nationales et européennes. Cette normalisation s'applique aux carburants et donc aux biocarburants. En l'état actuel des technologies, il existe deux grandes filières industrielles, celles de l'éthanol et des esters d'huiles végétales.

Il est à noter qu'une essence contenant x% d'éthanol en volume est couramment appelé Ex. Par exemple, une essence contenant 85% d'éthanol en volume est appelée E85.

Les esters d'huiles végétales principalement développés sous forme d'esters méthyliques d'huiles végétales, plus connus sous le nom de "EMHV", peuvent être incorporés directement dans le gazole.

De façon similaire à l'essence, un gazole contenant y% d'EMHV en volume est couramment appelé By. Par exemple, un gazole contenant 30% d'EMHV en volume est appelé B30.

La situation des biocarburants dans le monde

Le biocarburant dont la production est la plus importante dans le monde est l'éthanol. La production mondiale est estimée en 2006 à environ 50 millions de m³, dont 19 millions aux USA essentiellement produits à partir de maïs et 17 millions au Brésil produits à partir

de canne à sucre. L'éthanol est généralement utilisé en mélange à taux faible (de 5% à 25%) mais les mélanges à taux élevés, courants au Brésil (présence d'un "éthanol carburant hydraté" E100 contenant 8% d'eau), se développent dans le monde grâce à la technologie des véhicules "Flex Fuel".

Les véhicules "Flex Fuel" sont des véhicules dans lesquels le calculateur électronique d'injection adapte les paramètres liés à la combustion en fonction du taux d'éthanol contenu dans le carburant afin d'assurer au client le même niveau de prestation, indépendamment du carburant utilisé. Cette situation a plusieurs origines :

- La prédominance de la consommation d'essence pour le transport dans le monde ce qui explique que l'incorporation de l'éthanol ait été privilégiée.
- L'importance de la culture de la canne à sucre au Brésil associée à une politique d'indépendance énergétique mise en œuvre dès les années 70.
- Le poids aux Etats-Unis des cultivateurs du maïs dans le Middle West.

La filière des esters d'huiles végétales est essentiellement concentrée en Europe. Celle-ci a produit de l'ordre de 3 200 000 tonnes en 2005. Les pays leaders dans ce domaine sont l'Allemagne, la France et l'Italie. Toutefois, des capacités de production sont en cours d'installation dans tous les pays d'Europe et la Commission Européenne a mis en place une politique volontariste puisque la directive 2003/30/CE, fixe un taux d'incorporation de 5,75% en contenu énergétique à l'horizon 2010.

Normes et directives européennes

Seuls l'essence (norme EN228), le gazole (norme EN590) et le B100 (EN14214) bénéficient de normes européennes. Dans ce contexte, la Suède et la France développent aujourd'hui un E85 sans agrément communautaire ni de spécification reconnue par l'ensemble des états membres. Ceci est également vrai pour tous

les gazoles contenant un taux intermédiaire entre 5% et 100%, et notamment le B30 que l'on trouve en France.

Les directives et normes communautaires actuelles fixent déjà des seuils maximaux d'incorporation de ces divers types de biocarburants dans les carburants fossiles. Ces seuils sont de 5% en volume du carburant fossile pour l'EMHV et l'éthanol, et de 15% pour l'ETBE. Compte tenu de la composition de l'ETBE, il est possible en respectant les normes fixant les caractéristiques de l'essence, d'incorporer 7% d'éthanol sous forme d'ETBE, soit un taux supérieur à celui de l'incorporation directe. L'ETBE présente des qualités intéressantes comme base de mélange pour le fonctionnement des moteurs car ayant un indice d'octane particulièrement élevé : 117 (l'indice d'octane de l'essence sans plomb est de 95).

Les caractéristiques physiques de ces biocarburants imposent des contraintes différentes d'incorporation, de stockage et de transport dans les carburants d'origine fossile :

- L'incorporation directe du bioéthanol pose problème du fait de deux caractéristiques physiques attachées aux interférences de ce produit avec l'essence ou l'eau :
 - Incorporé à faible teneur, l'éthanol (~ < 30%) augmente significativement la volatilité de l'essence, caractérisée par la "tension de vapeur" dont le seuil est réglementé par la Commission Européenne pour des raisons sanitaires, environnementales et d'impact sur le fonctionnement des moteurs.
 - Le caractère hydrophile de l'éthanol peut occasionner des problèmes de démixtion (c'est-à-dire une séparation de phases du mélange : une constituée d'un mélange riche en éthanol et en eau résiduelle que l'on trouve au fond du réservoir appelée "pied d'eau" et une autre riche en hydrocarbures mais avec un indice d'octane moins élevé que prévu) qui nécessite des précautions particulières pour son stockage et sa distribution. Selon les pétroliers, le vecteur pipe-line n'est pas utilisable.
- A priori, les EMHV peuvent être incorporés dans n'importe quel gazole, se mélangent sans difficulté et peuvent être stockés et distribués par tout mode de transport dont les pipe-lines (à hauteur de 5% pour le transport en pipe-line, pas au-delà selon l'UFIP).

L'offre biocarburants aux usagers

L'offre biocarburants varie d'un état à l'autre en fonction principalement des conditions climatiques.

Le Brésil propose à la pompe deux carburants : du E25 (entre 22 et 25% d'éthanol anhydre) et du E100 (92% d'éthanol et 8% d'eau). Leur distribution est banalisée.

Aux États-Unis, on trouve des E10 et E85. Les pompes distribuant de l'essence contenant de l'éthanol sont concentrées dans les états fortement agricoles du Middle West. Le nombre de pompes distribuant du E85 est marginal. En 2006, on estime aux alentours de 800 le nombre de pompes distribuant du E85, chiffre qu'il convient de rapporter aux 170 000 qui couvrent le pays.

Si l'on s'en tient aux orientations de la Commission Européenne, les stations-service européennes devraient proposer également de l'essence avec un taux d'éthanol anhydre pouvant atteindre 5,75% en contenu énergétique (ou 8,75% en volume) en 2010.

Cette différence d'offre de carburants contenant de l'éthanol est notamment imposée par les basses températures. La vaporisation de l'éthanol ayant pour effet de refroidir considérablement le mélange, donc de générer des problèmes de fonctionnement

moteur à très faible température, les États-Unis ont choisi de limiter le taux d'éthanol à 85%.

En Europe, compte tenu des températures beaucoup plus basses qu'au Brésil, les mêmes orientations qu'aux États-Unis ont été retenues. Pour les EMHV, des modes d'utilisation à taux élevés existent également : jusqu'à une teneur de 30% dans les flottes captives en France (B30) ou pur (100% - B100) comme cela est autorisé en Allemagne ou en Autriche, avec des véhicules spécialement dédiés.

Le marché des véhicules utilisant des biocarburants

Comme nous l'avons vu, l'éthanol est généralement utilisé en mélange à taux faible (de 5% à 25%) mais les mélanges à taux élevés, courants au Brésil (présence d'un "éthanol carburant hydraté" E100 contenant 8% d'eau), se développent dans le monde grâce à la technologie des véhicules "Flex Fuel".

Le Brésil a clairement, depuis les années 70, misé sur l'éthanol. Lancés dès la fin des années 90, les véhicules "Flex Fuel" représentent aujourd'hui près de 50% du parc automobile et toutes les grandes marques, dont Renault, proposent une gamme complète de modèles. Cette part de marché a grimpé aux alentours de 70% au premier semestre 2006.

Aux États-Unis, tous les grands constructeurs parmi lesquels Chrysler, Ford, GM proposent des modèles "flexibles". Dans ces deux pays, des ristournes fiscales pour le client contribuent à favoriser ces véhicules.

En Europe, les Suédois ont été les premiers à adopter cette technologie en 2005. Saab, Volvo et Ford, en s'appuyant sur ce marché, commercialisent d'ores et déjà plusieurs modèles : Saab BioPower 9-5 2 litres turbo, Volvo "Flexifuel", Ford Focus FFV.

L'offre actuelle des véhicules compatibles avec des EMHV est plus restreinte. Seul PSA annonce que sa gamme est compatible B30. Les constructeurs allemands qui ont produit des véhicules spécifiques B100 sont en train de faire machine arrière pour les véhicules équipés de filtres à particules et semblent privilégier l'incorporation du biodiesel dans le gazole à faible teneur.

Renault (Contrat 2009 C.Ghosn - février 2006) est le seul constructeur européen à avoir annoncé disposer en 2009, d'une gamme dont :

- 50% des véhicules à moteur essence proposés à la vente en Europe pourront fonctionner avec un mélange essence et éthanol.
- Tous les moteurs diesel seront capables de fonctionner avec un taux de 30% de EMHV.

Importance de la valeur énergétique des biocarburants pour l'utilisateur

La valeur énergétique d'un carburant est mesurée par le "Pouvoir Calorique Inférieur" (PCI). Celui-ci mesure la quantité d'énergie libérée lors de la combustion. Le PCI des biocarburants est inférieur à celui des carburants auxquels ils se substituent. Le rapport est de 0,92 pour les EMHV par rapport au gazole et de 0,66 pour l'éthanol par rapport à l'essence.

Il faut donc 1,087 litre d'EMHV pour produire la même énergie qu'un litre de gazole et 1,5 litre d'éthanol pour produire la même énergie qu'un litre d'essence.

Un client utilisant un gazole B30 subira une déchéance faible (1% à 2%) en terme d'autonomie par rapport au gazole "pur". En revanche, la surconsommation sera sensible en cas d'utilisation d'une essence E85 par rapport à l'essence SP95 (surconsommation de 30% à 40%).

Impact de l'éthanol sur les véhicules - les véhicules "Flex Fuel"

Si la technologie "Flex Fuel" est largement maîtrisée par l'ensemble des constructeurs présents au Brésil, une adaptation des modèles aux spécificités du marché européen est indispensable.

La chaleur latente de vaporisation de l'éthanol est de 854 kJ/m³ contre 289 kJ/m³ pour l'essence SP95. Ce phénomène entraîne des problèmes de démarrage et de prestations à froid. Au Brésil, la solution retenue a consisté à injecter pendant quelques secondes, si nécessaire, de l'essence stockée dans un réservoir additionnel.

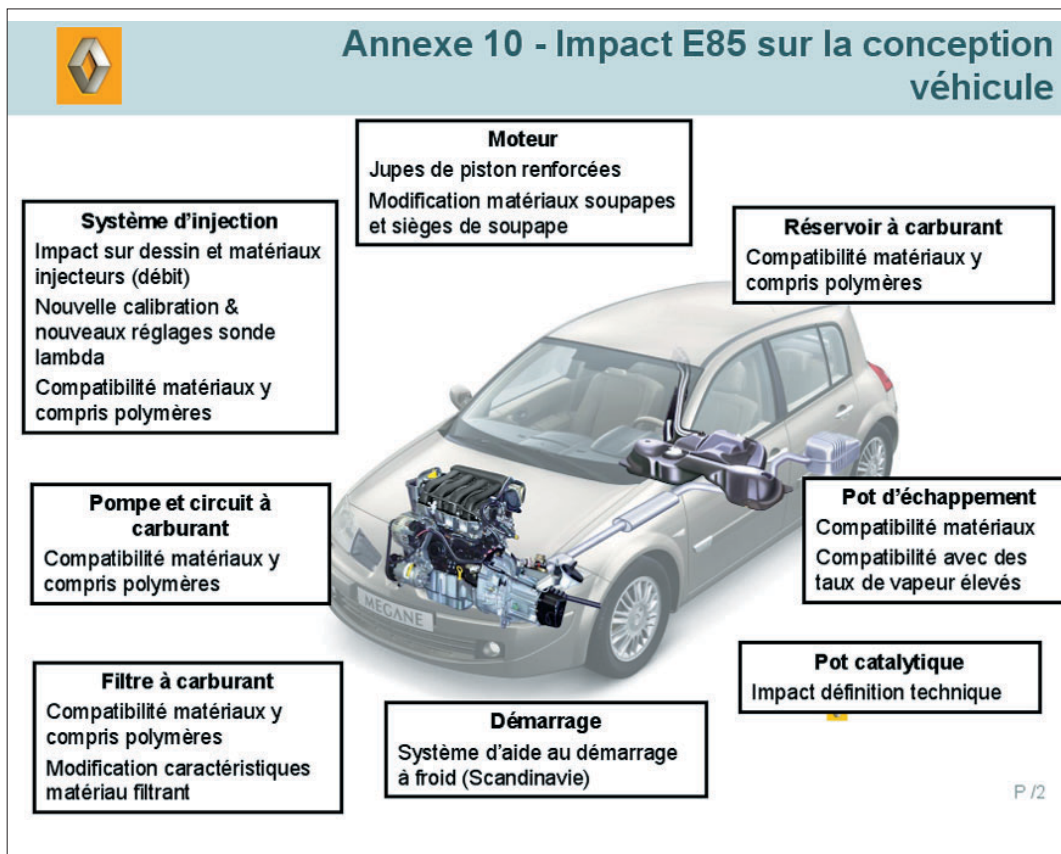
En Europe du Nord, la solution privilégiée actuellement en l'absence de norme sur les valeurs de chaleur latente de vaporisation (taux de vapeur) est celle du thermoplongeur placé dans le circuit de refroidissement.

Les modifications des véhicules à essence pour fonctionner en mode flexible sont multiples ce qui implique que, d'une manière générale, sauf prescription des constructeurs, les véhicules à essence du parc roulant ne peuvent fonctionner à des taux d'éthanol supérieurs à 5% en volume (norme de l'essence EN228).

La présence d'oxygène dans l'éthanol (35% environ en masse) rend ce combustible particulièrement corrosif pour les matériaux utilisés. Il est donc nécessaire de prendre en compte cette contrainte au niveau conception des réservoirs, pompe à essence, tuyauteries de carburant, polymères, ligne d'échappement et siège d'injecteur. Au niveau culasse, les sièges de soupapes et les soupapes doivent être également renforcés : des matériaux adaptés doivent être retenus car les surfaces de contact sont moins bien lubrifiées par le fonctionnement à l'éthanol ce qui peut provoquer une usure accrue.

La modification du contrôle moteur est bien évidemment l'adaptation la plus sensible. Le calculateur doit déterminer avec précision la quantité de carburant à injecter et le phasage de l'injection en fonction du taux d'éthanol "mesuré". Compte tenu de son PCI, l'utilisation de l'éthanol se traduit par une augmentation sensible de la consommation. Pour maintenir des performances équivalentes à l'essence, le calculateur devra donc injecter davantage de carburant.

Pour mesurer le taux d'éthanol du carburant, la sonde à éthanol n'est pas une solution intéressante car coûteuse. La principale



stratégie consiste à mesurer la richesse réelle du moteur. L'éthanol contient de l'oxygène. Il va donc, pour une quantité de carburant injectée donnée, générer une richesse mesurée différente de celle obtenue avec l'essence. En corrélant la richesse mesurée par la sonde du moteur et le temps d'injection qui a été commandé, le calculateur détermine le pourcentage d'éthanol du carburant.

Mais la propriété la plus intéressante de l'éthanol est son fort indice d'octane. La présence d'éthanol permet donc d'augmenter les performances du moteur en repoussant l'apparition du cliquetis à forte charge. Pour exploiter ces caractéristiques, le calculateur commande une augmentation de l'avance à l'allumage proportionnelle au taux d'éthanol. Des cartographies moteur associées à des taux d'éthanol de référence sont stockées dans le calculateur. Ce dernier interpole la commande d'avance à l'allumage à partir des deux cartographies les plus proches du taux d'éthanol mesuré.

Impact des huiles végétales brutes sur les véhicules

De nombreuses études ont été menées sur l'impact des huiles végétales brutes ou en mélange avec du gazole sur les moteurs

diesel équipant les véhicules particuliers. Toutes ont démontré que compte tenu de leur indice de cétane (environ 37 à comparer au 51 du gazole), de leur teneur en oxygène, et de leurs caractéristiques de viscosité, l'incorporation des huiles végétales brutes dans le gazole est totalement incompatible avec un fonctionnement correct des moteurs diesels actuels.

Les principales conséquences sont :

- Une altération profonde des systèmes de combustion due à la formation de dépôts.
- Des dégradations de performances.
- Une dégradation de la qualité des émissions.
- Une augmentation des émissions sonores.
- Des problèmes de démarrage à froid à basse température.
- Des risques de dilution des lubrifiants du moteur.

Cette position est partagée par tous les constructeurs automobiles.

Impact du biodiesel B30 sur les véhicules

L'analyse des caractéristiques d'un carburant incorporant 30% d'EMHV montre des écarts sensibles par rapport au gazole. Ceux-ci portent principalement sur :

- La température limite de filtrabilité.
- La résistance à l'oxydation et à la stabilité thermique.
- La teneur en eau et la limite de solubilité.
- La masse volumique.
- Le contenu énergétique (PCI).
- La courbe de distillation.

Ces éléments conduisent donc, pour chaque couple véhicule/moteur concerné, à vérifier et à valider de façon précise et détaillée la compatibilité de ce carburant avec les organes constituant le circuit à carburant, moteur et ligne d'échappement, à savoir :

- La robustesse des organes, donc traiter les risques de fiabilité liés à la présence de dépôts, de grippage des pièces en contact, de colmatages, de durabilité des systèmes de post-traitement, etc.
- La compatibilité des matériaux utilisés (y compris les polymères) avec ce carburant.
- Les prestations : démarrage à froid, respect des normes de dépollution, dilution des lubrifiants moteur.

Impact des biocarburants sur l'effet de serre

L'intérêt des biocarburants n'est démontrable que par une analyse globale de cycle de vie d'un carburant que l'on appelle "du Puits à la Roue - Well to Wheel", c'est-à-dire en additionnant la quantité de CO₂ émise pour fabriquer le carburant : "du Puits au Réservoir - Well to Tank" à la quantité de CO₂ émise par le moteur lors du roulage "du Réservoir à la Roue - Tank to Wheel".

- Les biocarburants présentent un bilan CO₂ favorable par rapport aux émissions d'un moteur essence ou diesel.

En définitif, le bilan global "du Puits à la Roue - Well to Wheel" CO₂ des biocarburants est plus favorable et directement proportionnel au taux d'incorporation de biocarburants dans l'essence ou le diesel.

En considérant l'approche et les hypothèses retenues dans l'étude "Well to Wheels Analysis of Automotive Fuels and Powertrains in the European Context" réalisée en collaboration par Eucar et

Concawe (2005-2006) et validée par la Commission Européenne, on peut estimer que pour un véhicule de la gamme M1, type Renault Mégane, sur cycle d'homologation, la réduction globale (du "Puits à la Roue" - WtW) des émissions CO₂ équivalent, serait en valeur moyenne :

- L'utilisation de E10 se traduirait par une réduction d'environ 4 % par rapport à la production et à l'utilisation de l'essence.
- L'utilisation de l'éthanol à taux élevé (E85) se traduirait par une réduction plus significative de l'ordre de 38 % des émissions globales WtW en CO₂ équivalent.

De la même manière, on peut estimer la réduction globale ("du Puits à la Roue" - WtW) des émissions CO₂ équivalent :

- L'utilisation du B30 se traduirait par une réduction d'environ 15% par rapport à la production et à l'utilisation du gazole conventionnel.
- L'utilisation du biodiesel à l'état pur (B100) se traduirait par une réduction encore plus significative de l'ordre de 50 % des émissions globales WtW CO₂ équivalent.

Il convient d'être prudent sur l'utilisation de ces chiffres car les données sont très dépendantes des ressources biomasse et des procédés utilisés pour la production du biocarburant et ne s'appliquent qu'à des biocarburants produits en Europe (blé, betteraves pour l'éthanol, colza pour les EMHV).

Conclusion

Le développement des biocarburants fait l'objet d'un large consensus en Europe, notamment en France. Il revêt une grande actualité dans le contexte actuel de hausse du cours du baril, de problématique d'indépendance énergétique, de lutte contre l'effet de serre et de révision de la politique agricole commune.

Aujourd'hui, les biocarburants apparaissent comme une voie crédible d'avenir, porteuse de retombées technologiques, de revenus dans les secteurs agricoles, de maîtrise des émissions de CO₂.

La politique produit et la forte implication de Renault dans ce domaine sont là pour le confirmer.

Cependant les biocarburants actuels ne doivent être considérés que comme des solutions limitées. Seules de nouvelles filières de production (biocarburants dits de seconde génération), qui sont en cours d'étude, utilisant par exemple la conversion de matières lignocellulosiques provenant de déchets et résidus végétaux ou l'hydrotraitement de matières végétales, permettront d'apporter des réponses plus globales aux défis qui nous sont posés. ■

Peu d'industriels, impliqués dans les biocarburants, ont passé une page publicitaire dans ce numéro 425 de la Revue. Ils sont pourtant nombreux à vanter partout leurs produits ou leurs solutions. Paradoxe ? S'ils regrettent a posteriori l'occasion de se montrer, la rédaction leur offre la possibilité de se rattraper dans le prochain numéro 426 qui présente la deuxième partie du dossier sur les biocarburants.

La rédaction



François SAGLIER
(E69)

Directeur du
Département Bus
RATP



Françoise COMBELLES

Chargée de mission
Énergie
RATP

Biocarburants dans les transports publics : la voie étroite

Le parc de 4000 bus de la RATP embarque 35% du nombre de voyageurs du réseau RATP, qui est un bon indicateur d'attractivité commerciale, mais n'en représente plus que 18% en termes de voyageurs*kilomètres, qui est l'indicateur utile concernant l'efficacité énergétique. Il consomme 35% de son énergie et totalise 86% des émissions de gaz à effet de serre de nos transports.

À contrario, nos modes ferroviaires représentent 82% de notre trafic (voyageurs*kilomètres) et totalisent 13% de nos émissions. C'est dire si nos modes ferroviaires sont à la fois :

- énergétiquement performants : 8 à 9 fois plus sobres que la voiture particulière (V.P.),
- et écologiquement performants : près de 50 fois moins d'émissions de G.E.S. que le parc actuel de V.P. en ville : 4gequ CO₂/kmxvoyageur.

C'est aussi dire, si la sobriété de nos bus et leurs émissions de gaz à effet de serre nous préoccupent. Même si son efficacité énergétique globale est à peu près 2 fois meilleure que celle de la voiture particulière, le mode bus partage avec la voiture particulière un faible rendement énergétique et les fortes émissions de la motorisation thermique. Aussi la RATP a expérimenté de façon significative le carburant B30¹ sur son parc de bus, et compte pouvoir évoluer dans des conditions économiques acceptables vers un emploi étendu du B30 dans l'année à venir ; elle testera dans les mois à venir l'utilisation du B100, en partenariat avec des constructeurs.

POUR

Les biocarburants sont indispensables. Ils sont indispensables à court terme : plus tôt nous modèrerons nos émissions, moins vite le stock de gaz à effet de serre dans l'atmosphère augmentera ; nous le savons désormais, les experts du G.I.E.C.² nous l'ont redit en ce mois de février, le temps nous est compté. Plus rapide sera leur développement industriel, plus leur apport sera bénéfique.

Un élément d'indépendance énergétique nationale

L'Agence Internationale de l'Énergie nous le dit, les tensions géopolitiques pour l'accès à l'énergie ne vont cesser d'augmenter et le souci de la sécurité nationale préside à la décision du chef de l'Etat de rendre les 2 premiers transporteurs nationaux, la SNCF et la RATP, indépendants du pétrole à échéance 2020.

Des progrès technologiques certains qui vont améliorer fortement l'intérêt du produit

La RATP, comme d'autres entreprises de transport, ont besoin à court terme que cette ressource, qui réduit les émissions des modes thermiques, soit disponible dans de grandes quantités. Qu'il s'agisse de l'utilisation de la biomasse (y compris algues) dans des carburants de 2^{ème} génération, et des biotechnologies, nous espérons beaucoup de l'amélioration des rendements à l'hectare que vont apporter les progrès technologiques.

MAIS

Un besoin de qualité garantie

La fiabilité de nos transports, la disponibilité de nos bus ne peuvent se satisfaire de carburants de qualité variable qui menaceraient la durée de vie de nos moteurs. La garantie de performance d'émission des biocarburants "du puits à la roue" nous importe. Nous ne disposons pas encore aujourd'hui du tissu de producteurs et du cadre de normalisation et de labellisation qui nous permettent d'avancer dans de bonnes conditions dans la voie d'une extension massive de l'emploi du biocarburant.

Une réglementation à adapter

La réglementation actuelle n'autorise pas aujourd'hui l'incorporation de biocarburant dans le diesel à un taux supérieur à 30%.

Un supplétif des énergies fossiles, pas un substitut

Le biocarburant peut être considéré comme un substitut possible au pétrole par la RATP ou la SNCF, il ne sera pas à plus grande échelle. Son potentiel est d'emblée limité et doit être regardé comme un moyen de retarder le peak oil, de prolonger le recours à des énergies fossiles déjà fortement accusées.

N'apporte pas en soi de gain de sobriété énergétique

Le recours au biocarburant n'apporte aucune réponse au problème de la faiblesse du rendement des moteurs thermiques, et nous recherchons en priorité des moyens d'améliorer la sobriété énergétique de nos transports.

Une économie de pénurie

Le risque spéculatif portant sur l'accès aux énergies fossiles va s'étendre de façon identique à l'accès à la filière biocarburants. Le monde du biocarburant va être celui d'une économie de pénurie, on a déjà pu en mesurer l'impact aux États-Unis, dans un contexte non contraint.

Permet d'alléger les contraintes et de reculer le moment des conversions technologiques

Les investissements consacrés aux outils de production du biocarburant ne sont pas des moyens consacrés aux gains de sobriété énergétique et retardent le moment des conversions technologiques de l'automobile.

Aussi, nous considérons aujourd'hui les biocarburants comme une solution de transition.

Notre demande vers les constructeurs de bus va vers l'amélioration de la sobriété des bus, aujourd'hui dotés de moteurs de poids lourds, inutilement sur-motorisés, vers des solutions de motorisation optimisées pour l'usage spécifique de l'urbain. Nos efforts de recherche et de développement explorent par ailleurs des solutions innovantes de motorisation électrique. ■

¹ B30 : Biodiesel avec incorporation de 30% de Bio

² G.I.E.C. : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat



Philippe GUILLARD (CM71)

Sous-directeur raffinage et logistique pétrolière. Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières. Ministère de l'Industrie.

Biocarburants : une politique dynamique se met en place

La France a mis en place, depuis le début des années 1990, divers dispositifs de soutien aux biocarburants. Il est en effet admis aujourd'hui que ces produits présentent un bilan favorable en terme d'émission de CO₂ et qu'ils permettent donc de diminuer les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports.

Pour cela, les deux filières, éthanol agricole pour les essences et huiles végétales pour le gazole, ont développé des produits élaborés dont les caractéristiques se rapprochent de celles des carburants auxquels ils peuvent être mélangés sans modifier les réglages du moteur, ni ajouter de dispositif technique additionnel sous le capot :

- l'ETBE (éthyle tertio butyle éther), fabriqué à partir d'éthanol agricole (betterave, blé ou maïs) peut être incorporé dans les essences à hauteur de 15% en volume,
- l'éthanol peut être incorporé directement dans l'essence jusqu'à 5% en volume,
- l'EMHV (ester méthylique d'huile végétale) fabriqué à partir d'huile de colza ou de tournesol peut être incorporé dans le gazole à hauteur de 5% en volume.

L'accélération de la politique de développement des biocarburants

En août 2004, le gouvernement a annoncé qu'il entendait poursuivre le développement des bioénergies dans

le cadre du plan climat et du projet de loi d'orientation sur l'énergie. Il a présenté le 7 septembre 2004 le lancement d'un programme de développement des biocarburants qui visait à atteindre l'objectif indicatif de la directive 2003/30/CE pour 2010 : incorporation de 5,75% (équivalent énergétique) de biocarburants. Ce

plan visait donc à multiplier par sept à l'horizon 2010 la production de biocarburants par rapport à 2004.

Le projet de loi de finances pour 2005 a renforcé le dispositif par l'introduction d'une nouvelle taxe calculée, dans un premier temps, pour atteindre les objectifs de la directive européenne en 2010. Mais la flambée des cours du pétrole constatée jusqu'à l'été 2005 a conduit le Premier Ministre à présenter le 13 septembre 2005 à Rennes de nouvelles mesures destinées à accélérer le développement des biocarburants. Ainsi l'objectif d'in-

corporation de 5,75% de biocarburants dans les carburants, initialement prévu pour 2010, est avancé à 2008 et porté à 7% en 2010 (loi de finances 2006). Un objectif de 10% est envisagé pour 2015.

Le dispositif fiscal de soutien aux biocarburants est composé de deux instruments

Parce que les biocarburants présentent un coût de production supérieur à celui des produits pétroliers auxquels ils sont amenés à se substituer, un premier dispositif de soutien, fondé sur une diminution de la taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP) appliquée aux biocarburants (défiscalisation partielle) a été mis en œuvre au début des années 1990.

Ce premier dispositif pèse directement sur le budget de l'État, puisqu'il s'agit d'une dépense correspondant à une moindre rentrée de recette fiscale. Les montants de défiscalisation sont ajustés chaque année pour tenir compte de l'évolution des conditions économiques (prix du baril et des matières premières agricoles). Pour l'année 2005, le montant global de l'exonération fiscale, dont ont bénéficié les biocarburants, a été de 195,5 M€. La prévision pour 2006 est de 340 M€, et pour 2007 de 650 M€. À fiscalité constante, la perte de recettes fiscales serait de 1,3 milliard d'euro en 2010 (la TIPP représente une vingtaine de milliards d'euro), soit environ 180 millions d'euro pour chaque point de pourcentage incorporé.

TOTAL : 268 milliards d'euro	TVA	Impôt sur le revenu	Impôt sur les sociétés	TIPP	Autres
Montant (G€)	126	59	48	19	16
Pourcentage	47%	22%	18%	7%	6%

Recettes fiscales de l'Etat (2006)

Le calcul de la défiscalisation, et son acceptation par les Assemblées lors de la discussion de la loi de finances, est un exercice difficile qui suscite tous les ans un débat passionné. Il est en effet difficile d'admettre, pour les filières concernées, que l'augmentation des prix du pétrole justifie une baisse assez sensible de la "subvention" qui leur est attribuée. La difficulté est renforcée par le fait que les conditions de défiscalisation peuvent être plus favorables à l'étranger, notamment en Allemagne, où le principe de défiscalisation totale est la règle pour les biocarburants (ce qui induit par exemple une défiscalisation de 47€/hl pour le biodiesel depuis plusieurs années dans ce pays, et donc une "explosion" du marché de ce produit qui bénéficie d'un effet d'aubaine).

Le montant de défiscalisation est déduit de la TIPP du carburant (essence pour l'ETBE et l'éthanol ; gazole

Directive 2003/30/CE

Dans le cadre de sa politique globale de lutte contre l'effet de serre, l'Union européenne a adopté la directive 2003/30/CE du 8 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports (Journal officiel L 123 du 17.05.2003).

Destinée à créer à terme un cadre communautaire de promotion des biocarburants, cette directive fixe des taux indicatifs d'objectifs d'incorporation en valeur énergétique, de 2% en 2005 et de 5,75% en 2010.

Dossier : Les Biocarburants

pour biodiesel et EEHV). La TIPP sur l'essence est 58,92 €/hl (et donc réduite à 25,92 €/hl pour les biocarburants) ; la TIPP sur le gazole est de 41,62 €/hl (et donc réduite à 16,62 €/hl pour le biodiesel).

Montants de défiscalisation depuis 2000 (lois de finances)
En dernière ligne le cours annuel moyen du Brent daté (pour mémoire)

€/hl (c€/l)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ETBE	50,23	50,23	50,23	38	38	38	33	33
Ethanol	Non défiscalisé				37	37	33	33
Biodiesel	35,06	35,06	35,06	33	33	33	25	25
EEHV	Produit n'existant pas avant 2006						30	30
Pétrole brut (\$/bl)	29	24	25	29	38	54	65	-

Le deuxième dispositif a été créé par la loi de finances pour 2005 qui a introduit une nouvelle taxe s'appliquant aux entreprises distributrices de carburants. Elle renforce notablement l'incitation à consommer des biocarburants, puisque le système qui reposait sur le volontariat (seuls les distributeurs qui souhaitaient incorporer des biocarburants faisaient appel à la défiscalisation), évolue vers une quasi obligation : à partir de 2005, tous les distributeurs doivent incorporer des biocarburants ou bien payer la nouvelle taxe. Il convient de noter que le montant de celle-ci est suffisamment élevé et qu'elle incite donc réellement les sociétés distributrices à incorporer des biocarburants dans leurs ventes de carburants pétroliers (1% non incorporé représente environ 450 millions d'euro de pénalité fiscale). Cela est d'ailleurs d'autant plus vrai que la défiscalisation des biocarburants a été maintenue.

Les objectifs d'incorporation

% PCI	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Objectifs	1,2%	1,75%	3,5%	5,75%	6,25%	7%
% Volume équivalent						
EMHV (1)	1,3	1,9	3,8	6,3	6,8	7,6
ETBE (2)	3,1	4,5	9,0	14,8	16,1	18,0
Ethanol (1)	1,9	2,7	5,3	8,8	9,5	10,7

(1) limite technique admissible dans les moteurs actuels : 5% en volume
(2) limite technique admissible dans les moteurs actuels : 15% en volume

Consommation de biocarburants jusqu'en 2005

Consommation de biocarburants

Tonnes	2002	2003	2004	2005
ETBE (éthanol)	87 000	82 000	87 000	117 000
Ethanol	-	-	665	3 374
Biodiesel	307 500	321 000	315 500	368 500

Consommation de carburants en France :

Tonnes	2002	2003	2004	2005
Essence	13 098 495	12 271 770	11 706 275	10 969 668
Gazole	29 494 920	29 903 160	30 577 680	31 048 330

Taux de pénétration, en pourcentage énergétique, des biocarburants en France

% PCI	2002	2003	2004	2005
Essence	0,56%	0,55%	0,58%	0,89%
Gazole	0,91%	0,94%	0,93%	1,04%
Global	0,80%	0,81%	0,82%	1,00%

On peut constater une augmentation significative de la consommation de biocarburants pour l'année 2005. L'objectif de 1,2% n'a pas été atteint, notamment parce que les opérateurs n'ont pas totalement adapté leurs systèmes d'achats et de distribution à la "nouvelle donne fiscale". Mais il y a tout lieu de penser que l'année 2006 verra la réalisation de l'objectif de 1,75% fixé par la loi. L'année 2007, quant à elle, fixe un objectif très ambitieux de doublement de la consommation de biocarburants (de 1,75% à 3,5%).

Le marché des biocarburants sur la période 2005 - 2010

Le marché des carburants en France et en Europe, dans une moindre mesure, est caractérisé par une baisse de la consommation d'essence de 1,6 %/an depuis 10 ans et par une augmentation corrélative de la part du gazole. Cette tendance est liée à l'évolution de la part des véhicules diesel dans le parc automobile français qui atteint 50% en 2006, avec une croissance de plus de 2% par an depuis quinze ans. Il en résulte que le développement des biocarburants doit se faire principalement sur les produits de substitutions au gazole, dont la consommation progresse fortement et dont la production est largement déficitaire au niveau du raffinage national.

Prévision de consommation de carburants en France pour la période 2006-2010

Tonnes	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Essences	10 969 668	10 750 000	10 200 000	9 650 000	9 100 000	8 550 000
Gazole	31 048 330	31 518 500	32 279 000	33 085 975	33 913 124	34 760 952

Bilan des quantités totales de biocarburants pouvant bénéficier d'une réduction de TIPP :

Tonnes	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ethanol	207 003	307 005	561 795	891 795	1 041 795	1 041 795
EMHV	417 502	677 502	1 342 503	2 527 503	2 777 503	3 227 503

L'augmentation considérable de la consommation de biocarburants pose un véritable défi aux filières industrielles concernées. La plupart des agréments délivrés en 2006 devront être effectifs en 2008 et au-delà, dans des usines qui restent à construire. Une véritable course de vitesse est donc engagée pour rendre disponibles

Défiscalisation

En application de l'article 265 bis A du code des douanes, l'exonération partielle de TIPP, prévue au titre du régime fiscal privilégié des biocarburants, est réservée aux seuls biocarburants produits dans des unités agréées par le ministre chargé du Budget. Les agréments sont attribués à l'issue d'une procédure d'appel à candidatures publiée au JOUE et de l'examen des dossiers par une commission interadministrative composée de représentants des ministères de l'agriculture, de l'environnement, de l'industrie, du budget, de l'ADEME et de l'IFP.

les très grandes quantités de biocarburants nécessaires pour éviter de payer la TGAP. Il convient notamment de souligner que les années 2007 et 2008 entraînent deux très fortes augmentations de l'objectif d'incorporation.

Interrogations à court et moyen terme

À court et moyen terme, le plan biocarburants va devoir affronter certaines difficultés qui vont nécessiter une coopération étroite

TGAP et objectifs d'incorporation

L'article 32 de la loi de finances pour 2005, codifié à l'article 266 quinquies du code des douanes, a institué un prélèvement supplémentaire de la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) destiné à inciter les opérateurs qui mettent à la consommation des produits pétroliers à incorporer un volume global de biocarburants dans les carburants fossiles. Le taux de cette taxe est progressif et peut être réduit à due concurrence des volumes de biocarburants incorporés dans chacun des types de carburants (gazole ou essences).

L'assiette actuelle de la TGAP biocarburants est le prix hors TVA des carburants ; cette assiette varie avec le prix des carburants, ce qui en période de hausse de ceux-ci valorise le prix des biocarburants.

Les objectifs d'incorporation sont les suivants :

% PCI	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TGPA	1,2%	1,75%	3,5%	5,75%	6,25%	7%

entre les filières industrielles et les pouvoirs publics. S'il est clair que l'on assiste depuis 2005 à une phase de (re-)naissance des filières biocarburants en France et dans certains pays européens, il apparaît également que la phase future de croissance, et l'objectif qu'elle permettra d'atteindre, peuvent faire aujourd'hui l'objet d'interrogations.

Ces évolutions vont devoir s'inscrire dans le cadre des nouvelles directives sur les carburants et les biocarburants qui seront proposées par la Commission cette année et mises en application vraisemblablement à partir de 2010. Les propositions récentes en matière d'énergie suggèrent de fixer à 10% en 2020 le taux de biocarburants consommés par les États membres (20% pour les énergies renouvelables dans les autres secteurs de l'économie).

Les filières agro-industrielles vont devoir investir massivement dans un contexte économique fortement subventionné et susceptible d'évoluer au niveau communautaire, voire international dans le cadre des négociations de l'OMC. Il sera en particulier sans doute difficile de maintenir la coexistence d'une défiscalisation élevée et d'une taxation fortement pénalisante en cas de non incorporation, qui en pratique suffit à elle seule à inciter à l'utilisation des biocarburants.

Les constructeurs automobiles se trouvent désormais placés devant l'obligation commerciale de développer une offre de moteurs compatibles avec des taux de biocarburants relativement élevés. En effet, la réglementation des véhicules et des carburants n'autorise à l'heure actuelle qu'un taux maximum de mélange de 5% en volume dans l'essence et le gazole (15% pour l'ETBE). Au-delà de ce pourcentage le fonctionnement normal des moteurs n'est pas garanti par les constructeurs. Pour dépasser ce taux et atteindre des objectifs significatifs de consommation de biocarburants, il faut donc explorer de nouvelles pistes :

- développer des moteurs diesel et essence "standards" dont le fonctionnement soit garanti à 10%. Ce qui posera le problème du passage de 5 à 10% pour un parc automobile hétérogène (les anciens véhicules demanderont du 5% et les nouveaux accepteront le 10%) et donc la nécessité de distribuer les deux mélanges en station service, avec les difficultés matérielles et logistiques qui en découlent pour les réseaux distributeurs ;
- développer des moteurs spécifiques qui acceptent des fortes teneurs en biocarburants. C'est déjà le cas avec le superéthanol (85% d'éthanol et 15% d'essence) et la filière de véhicules dits "flex-fuel". Ce type de véhicule n'existe pas actuellement pour la filière diesel. En

revanche, l'usage du B30 (gazole mélangé avec 30% de biodiesel) est autorisé pour les véhicules des flottes captives disposant d'une logistique spécifique.

Les opérateurs pétroliers doivent choisir les bonnes filières parmi la multiplicité des choix qui s'ouvrent à eux. Ils vont devoir investir massivement, tant au niveau du raffinage pour optimiser la production de biocarburants, qu'au niveau de la logistique (transports massifs et dépôts pétroliers) et de la distribution en station service pour pouvoir présenter une offre diversifiée de carburants.

L'ensemble de ces considérations, et la combinaison des différentes filières, laisse penser qu'un objectif de 7% est réalisable, mais dans des délais vraisemblablement plus longs que ceux fixés par la loi. En effet, la mise en œuvre des filières logistiques (dépôts et stations services), ainsi que la diffusion des nouveaux véhicules dans le parc automobile demandent du temps et il est donc probable que les objectifs du plan biocarburants seront atteints, mais avec un décalage de quelques années (deux à trois ans ?). Il est d'ailleurs intéressant de noter que l'Allemagne abandonne le principe de la défiscalisation totale à partir de 2007, et qu'elle a adopté un plan biocarburants "à la française" (combinaison de la défiscalisation et de la pénalité fiscale), en fixant un objectif de 4,4% PCI de 2007 à 2010 pour le gazole (soit environ 4,8% en volume) et de seulement 1,2% en 2007, à 3,6% en 2010 pour l'essence, parce que cette filière n'y avait jusqu'à présent pas incorporé de biocarburants.

Perspectives

À plus long terme, les études réalisées sur les biocarburants montrent que la génération actuelle de produits peut effectivement permettre d'atteindre 7 à 10% de taux de remplacement des carburants fossiles. Au-delà, il faut trouver des solutions aux problèmes de coût, de limite des volumes de production (concurrence à l'usage alimentaire des terres) et de gestion des volumes de coproduits des biocarburants d'aujourd'hui.

Des travaux de R&D sont en cours pour la mise au point de nouvelles filières. Elles devraient utiliser la matière lignocellulosique (bois, paille), ressource plus abondante et meilleur marché que celle issue des cultures alimentaires, en s'appuyant aussi bien sur des procédés catalytiques ou biologiques que sur la gazéification.

L'IFP étudie notamment les pistes de production des carburants de synthèse avec la filière BtL (biomasse transformée en liquide). Les biocarburants sont obtenus en transformant, dans une première étape, la biomasse en gaz de synthèse par gazéification à haute température. Cette étape est étudiée actuellement en collaboration avec le CEA. Ensuite, après purification, ce gaz est transformé en gazole suivant le procédé dit Fischer-Tropsch que l'IFP a développé par ailleurs pour la filière gaz. Les hydrocarbures liquides obtenus sont d'excellente qualité et parfaitement adaptés aux moteurs diesel.

Le Président de la République a annoncé en octobre 2006 que la France se doterait de deux réacteurs pilotes de démonstration d'ici 2010 (dans chacune des deux voies : gazéification et biologique). Ces filières pourraient alors aboutir à une mise en œuvre industrielle à l'horizon 2015-2020. ■



Evelyne GONIA (E90)

Résidant en Allemagne, consultante indépendante spécialisée en veille technologique

Itinéraire professionnel: Mines de Saint-Etienne, 1990

Thèse en matériaux, EMP, 1994

Recherche Post-doc, NRIM Japon, 1997

JITEX Japon (consultants spécialisés en veille technologique) : 1998-2000

Depuis 2001, Consultante indépendante

1990-2006 : quel bilan pour les biocarburants en Allemagne ?

Lorsque nous parlons du développement des énergies renouvelables et de la protection de l'environnement, nous ne pouvons oublier le rôle important joué par l'Allemagne. L'engagement politique de ce pays en a fait l'un des acteurs incontournables dans ces deux domaines, tant au niveau Européen que mondial.

L'Allemagne a pris de l'avance sur la France sur plusieurs de ces marchés. Le premier exemple qui me vient à l'esprit m'est inspiré par les parcs d'éoliennes qui "fleurissent" dans la région de Nord Westphalie (cf photo ci-dessous).

L'Allemagne est depuis plusieurs années le leader mondial de l'énergie éolienne avec 18 427,5 MW de puissance installée à la fin de l'année 2005. La même année, la France prenait le rang de 9^{ème} producteur d'énergie éolienne en Europe avec 756 MW de puissance installée.



D.R.

Qu'en est-il des biocarburants? La Commission Européenne a proposé dans sa directive du 8 mai 2003, qu'aux horizons 2005 et 2010, les biocarburants puissent contribuer respectivement pour 2% puis 5,75% à l'approvisionnement énergétique des transports terrestres.

Comment se situent la France et l'Allemagne par rapport à ces objectifs ? Quels ont été les choix stratégiques de ces deux pays au cours de ces 10 dernières années? Que va changer la nouvelle législation de novembre 2005 qui modifie complètement le mode de soutien aux biocarburants en Allemagne? Cet article sera limité au développement du biodiesel pour les raisons suivantes:

- le biodiesel reste encore le biocarburant préféré des européens. En 2005, il représente 81,5% de la production totale des biocarburants en Europe⁽¹⁾,
- L'Allemagne est le leader européen du biodiesel avec 1900 stations services équipées en juin 2005 et une capacité de production estimée à 2.300.000 tonnes pour l'année 2005.

Des années 1990 jusqu'en 2001 : une forte impulsion en France pour le biodiesel

Avant d'aborder plus en détail l'évolution des mesures fiscales adoptées par l'Allemagne pour soutenir le développement du biodiesel, j'aimerais faire un petit retour en arrière de 15 ans à l'époque où la France et l'Allemagne ont commencé à développer cette filière. En 1992, la nouvelle politique agricole européenne impose le gel de 15% de la surface céréalière. Des deux côtés du Rhin, des programmes sont lancés pour étudier les débouchés possibles dans la culture sur jachère de productions non alimentaires (y compris les cultures énergétiques).

En Allemagne, les premières installations de production de biodiesel restent de taille modeste (capacité de 1.000 à 8.000 t/a) à l'exception de celle construite à Leer en 1995 (capacité de 100.000 t/a). Il faudra attendre jusqu'en 2001 pour voir de nouvelles installations de grande capacité.

Du côté français, un programme d'envergure est lancé au début des années 1990 pour produire du biodiesel à partir de colza. À l'époque des acteurs importants de toute la filière coopèrent : des représentants de l'agriculture, des constructeurs automobiles (PSA, Renault), des groupes pétroliers (Total, Fina Elf) et les autorités publiques (ADEME, institut du pétrole). Ce programme permet à la France de consolider sa place de premier producteur européen, place qu'elle occupera jusqu'en 2001.

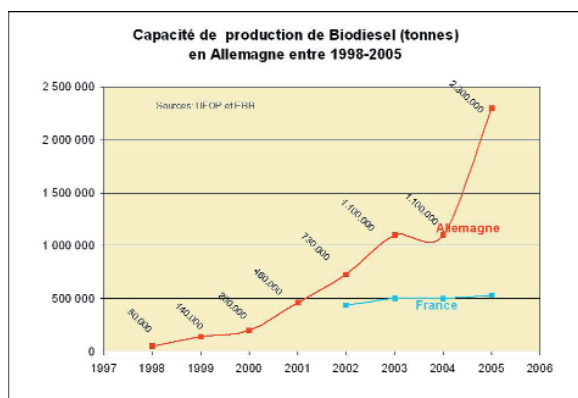
Il faut souligner que l'Allemagne et la France se sont lancées dans le biodiesel à la même époque mais que leurs stratégies s'avèrent être dès le début foncièrement différentes. En France, il a toujours été prévu d'utiliser le biodiesel uniquement en mélange dans le gazole, sous forme de bio-additif (concentration de 0 à 5%) ou éventuellement de bio-composant (de 5 à 30%) mais jamais sous forme pure. L'Allemagne en revanche a pris une autre voie car son objectif était d'utiliser au contraire le biodiesel à l'état pur (B100) pour concurrencer le gazole classique. D'ailleurs jusqu'à la fin 2003, l'Allemagne ne vend le biodiesel que sous forme pure (B100).

2001 et 2004 : deux années importantes pour le développement spectaculaire du biodiesel en Allemagne

Alors que le frein majeur au développement des biocarburants reste leur coût, l'essor du biodiesel va fortement dépendre de l'engagement des gouvernements et des mesures prises pour promouvoir les biocarburants.

Ainsi après les premiers essais des années 1990, il faudra attendre la mise en place de mesures fiscales en 2000 (introduction de la taxe écologique dont les effets se feront sentir en 2001) puis en 2004 (introduction de l'exonération totale des biocarburants) pour voir un véritable essor des investissements en Allemagne.

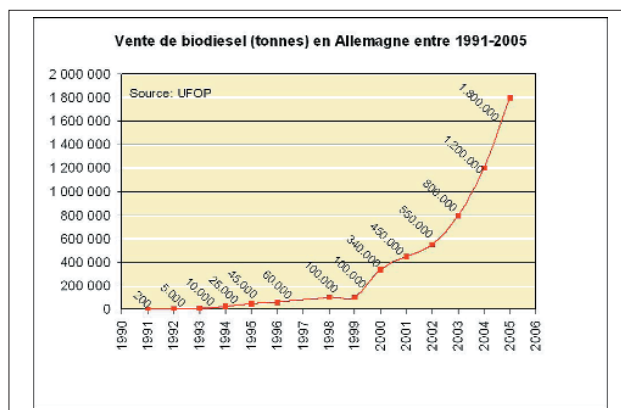
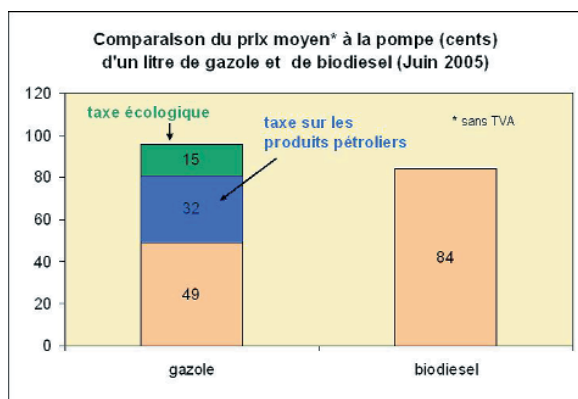
Entre 2001 et 2002, cinq installations importantes de production sont construites avec une capacité de 100.000 t/a pour Bitterfeld, Marl, Schwarzheide et Neuss et 120.000 t/a pour Hamburg. Ces nouvelles installations permettent à l'Allemagne de prendre la place de premier producteur européen, place qu'elle maintient depuis cette date loin devant la France. En trois ans, l'Allemagne multiplie par cinq sa capacité de production passant de 140.000 t en 1999 à 730.000 t en 2002 (cf. graphe ci-après).



Mais le véritable développement spectaculaire du marché allemand arrive en 2004. C'est à cette époque que le biodiesel en mélange est autorisé en Allemagne mais c'est surtout l'année où le gouvernement Allemand choisit de mettre en place des mesures fiscales très incitatives. En janvier 2004, une exonération totale de la taxe sur les produits pétroliers pour les biocarburants purs ou mélangés à des carburants fossiles est mise en place. Contrairement à d'autres pays, ce système n'est pas limité à un quota donné. Cette mesure est approuvée par la commission Européenne qui fixe néanmoins la fin de son application au 31 décembre 2009.

Grâce à l'exonération fiscale des biocarburants (taxe écologique et taxe sur les produits pétroliers), le prix d'un litre de biodiesel à la pompe est environ 10 cents moins cher que celui de gazole (cf. graphe ci-dessous). Cette différence de prix s'est avérée très stimulante pour le marché du biodiesel.

Ainsi l'Allemagne double sa capacité de production en un an, passant de 1.100.000 t en 2004 à 2.300.000 t en 2005. En 2005, l'Allemagne produit à elle seule plus de la moitié de la production



de l'union européenne avec un total de 1.669.000 t. Le réseau de distribution s'étend à 1900 en juin 2005 (contre 424 en 1996). À l'heure actuelle, une station sur neuf propose du biodiesel en Allemagne.

Les ventes de biodiesel connaissent un véritable essor atteignant 1.800.000 t en 2005. Le biodiesel représente déjà 7% du marché du diesel allemand (60% du biodiesel consommé est vendu sous la forme pure B100).

2005 changement de cap : abandon partiel de l'exonération fiscale pour les biocarburants

Le nouveau gouvernement allemand de la grande coalition a choisi récemment de réduire les subventions et les avantages fiscaux pour consolider ses finances publiques. Depuis le 1^{er} août 2006, l'exonération totale des biocarburants accordée en 2004 n'existe plus et les biodiesel pur et en mélange sont taxés respectivement à un taux de 9 cents/L et 15 cents/L. Il prévoit que ces taux augmentent dans le futur (cf. tableau ci-dessous), dès 2007 le biodiesel en mélange sera taxé au même taux que le gazole à savoir

Taux de taxation (Cent /L) imposé dans la nouvelle législation allemande

Taux de taxation en cent par litre	biodiesel en mélange avec le diesel	biodiesel pur	huiles végétales pures	Ethanol (E85)	Biocarburants de seconde génération
2006	15	9	0	0	0
2007	47 (a)	9	0	0	0
2008	47	15	10	0	0
2009	47	21	18	0	0
2010	47	27	26	0	0
2011	47	33	33	0	0
A partir de 2012	47	45	45	0	0
2015	47	45	45	0	0

(a) correspond à l'abandon de l'exonération

47 cents/L. En revanche, le biodiesel et les huiles végétales (biocarburants de première génération) utilisées dans le domaine de l'agriculture et de l'entretien des forêts conserveront les avantages fiscaux et resteront exonérés de taxe et cela sans limite de volume.

De plus, le nouveau système prévoit (à compter du 1^{er} Janvier 2007) d'imposer aux compagnies pétrolières d'incorporer dans leurs carburants des quotas minima de biocarburants (ce quota se calculant sur une année). La définition de ces quotas se fait à deux niveaux (cf. tableau page suivante). Dès 2007, seront introduits des quotas spécifiques, (Unterquoten) suivant le type de moteur.

Puis à partir de 2009 un quota global (diesel + essence) qui viendra ajouter une contrainte supplémentaire, laissant néanmoins le choix du biocarburant aux compagnies pétrolières.

Définition des quotas minimum d'incorporation des biocarburants

Année	Quota global	Quota spécifique Moteur Diesel	Quota spécifique Moteur essence 1,20 % (cal.)
2007	-	4,40 % (cal.)	1,20 % (cal.)
2008	-		2,00 % (cal.)
2009	6,25 % (cal.) (b)		2,80 % (cal.)
2010	6,75 % (cal.)		3,60 % (cal.)
2011	7,00 % (cal.)		
2012	7,25 % (cal.)		
2013	7,50 % (cal.)		
2014	7,75 % (cal.)		
2015	8,00 % (cal.)		

(b) les quotas sont définis dans la loi en fonction contenu énergétique de chaque carburant

Pour montrer comment le calcul des quotas spécifiques et globaux fonctionne, nous reprenons dans le tableau ci-après un exemple donné (horizon 2015) par l'AQB (Arbeitsgemeinschaft Qualitätmanagement Biodiesel e.V., association professionnelle contrôle qualité biodiesel).

Quota spécifique (moteur diesel) Horizon 2015		Quota spécifique (moteur essence) Horizon 2015	
Volume gazole	100 000 L	Volume Essence	100 000 L
Contenu énergétique gazole	35,87 MJ/L	Contenu énergétique essence	32,48 MJ/L
Energie gazole	3 587 000 MJ	Energie essence	3 248 000 MJ
Quota énergétique moteur diesel	4,40% (cal.)	Quota énergétique moteur essence	3,60% (cal.)
Energie biodiesel	157 828 MJ	Energie bioéthanol	116 928 MJ
Contenu énergétique biodiesel	32,65 MJ/L	Contenu énergétique bioéthanol	21,06 MJ/L
Volume de biodiesel	4 834 L	Volume bioéthanol	5552 L

Ces tableaux montrent que les quotas spécifiques imposeront aux compagnies pétrolières d'incorporer un minimum de 4,8% (vol.) de biodiesel dans le gazole. Le quota global contraint à introduire sur le marché des carburants une quantité supplémentaire de biocarburants (sous forme pure, en mélange) correspondant à une énergie de 272 044 MJ. Le choix est laissé aux compagnies pétrolières de remplir cette nouvelle contrainte avec les proportions de biodiesel et de bioéthanol qui leur conviennent (en mélange ou pur). Des sanctions sont prévues pour éviter le non-respect des quotas (quota diesel : 60 cent/L, quota essence : 90 Cent/l , quota global : 90 cent/L).

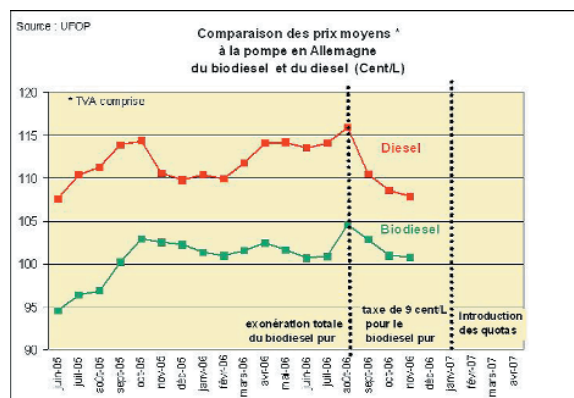
Quota global (moteur diesel) Horizon 2015	
Energie gazole + essence	6 835 000 MJ
Quota énergétique global	8,00% (cal.)
Energie biocarburant	546 800 MJ
Energie biodiesel (quota spéc.)	- 157 828 MJ
Energie bioéthanol (quota spéc.)	-116 928 MJ
Biocarburants supplémentaires à fournir (en plus de ceux imposés par les quotas spécifiques)	272 044 MJ

La création de quotas octroie aux producteurs de biodiesel une garantie de débouchés qui se substitue aux efforts fiscaux. Certains avantages fiscaux subsistent néanmoins pour le superéthanol E85 et les biocarburants de seconde génération (BTL⁽²⁾ ou les biocarburants synthétisés à partir de plantes riches en hémicellulose⁽³⁾) qui resteront exonérés totalement de taxe jusqu'en 2015. Ces biocarburants de seconde génération correspondent à

des filières du futur. L'enjeu est important car il s'agit d'exploiter l'ensemble de la plante (tige et feuilles compris) au lieu de transformer seulement les graines ou les racines. Au-delà même des plantes agricoles, il s'agit de tirer parti des déchets biomasse (résidus de l'agriculture, sylviculture, etc...).

Quelles conséquences pour l'avenir

L'Allemagne a donc abandonné le système fiscal qui avait permis de développer de façon spectaculaire le marché du biodiesel. Le nouveau système prévoit d'octroyer aux producteurs à partir de



2007 de biocarburants une garantie de débouchés mais taxe en revanche depuis août 2006 le biodiesel pur qui perd ainsi ses privilèges accordés en 2004. Pour l'instant, le nouveau système ne désavantage pas le consommateur pour qui le prix du biodiesel change à peine (cf. graphe ci-dessus). Les producteurs de biodiesel ont en effet compensé l'augmentation des prix. Plusieurs experts allemands craignent que la filière biodiesel pur (B100) soit à long terme désavantagée par ce nouveau système. Ils critiquent par ailleurs la dépendance des producteurs de biocarburants vis-à-vis des compagnies pétrolières.

Il est encore trop tôt pour dire si ces craintes sont justifiées ou non.

Comme la nouvelle législation le confirme, l'Allemagne se tourne désormais aussi vers le développement du E85 et des biocarburants de deuxième génération (BTL et carburants riches en hémicellulose). L'Allemagne, qui avait délaissé longtemps la filière du bioéthanol, se fraie un passage vers les leaders de ce marché en multipliant par 6 sa production de bioéthanol entre 2004 et 2005, soit un total de 120 000 tonnes⁽¹⁾. Elle possède également une usine pilote (capacité 15.000 t/an) produisant du BTL et compte parmi les pays les plus avancés dans ce domaine. ■

Bibliographie et notes

- ⁽¹⁾ EuRObserv'ER 2006, Baromètre des biocarburants, mai 2006, <http://www.biomatnet.org/publications/2090bfuel.pdf>
- ⁽²⁾ Biomass To liquid
- ⁽³⁾ Dans une plante, le carbone (que l'on cherche à récupérer) est concentré à la périphérie des cellules et se présente sous trois forme, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine. L'hémicellulose est une longue molécule carbonée que l'on ne sait pas transformer pour l'instant en produit combustible.

Depuis 40 ans
LA RÉFÉRENCE

Préfon-Retraite



Une Retraite qui tient ses engagements

DÉDUCTION FISCALE supplémentaire
Exceptionnelle jusqu'en 2012

Caisse nationale de prévoyance DE LA FONCTION PUBLIQUE

Pour les agents de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics, leurs conjoints et les anciens agents, **une retraite complémentaire par capitalisation, facultative, entièrement garantie.**

Déduction fiscale des cotisations (réglementation PERP) + régime fiscal exceptionnel pour les rachats (pour les agents publics).

Engagements intégralement couverts par les réserves. Affiliation possible à tout âge, à tout moment.

Agence CRYSTALLE 01 46 94 94 94

N° Vert 0 800 208 208



Je souhaite recevoir immédiatement, sans engagement de ma part, votre documentation détaillée et gratuite sur PRÉFON-RETRAITE (également sur le plan d'ÉPARGNE, PRÉFON-DÉCÈS et PRÉFON-DÉPENDANCE). Écrivez lisiblement ci-contre vos coordonnées

Je soussigné(e) : Mme, Mlle, M. (rayer les mentions inutiles)
Nom :Prénom :
Adresse :
Code postal : [] Ville :
Téléphone* : E-mail* :

* Facultatif

Mines