



**BIOCARBURANTS : LIER
LES POLITIQUES DE SOUTIEN
AUX BILANS ÉNERGÉTIQUES
ET ENVIRONNEMENTAUX**

**T A B L E
R O N D E**

138



BIOCARBURANTS : LIER LES POLITIQUES DE SOUTIEN AUX BILANS ÉNERGÉTIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

**T A B L E
R O N D E**

138

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements de 30 démocraties œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, la Corée, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.

Publié en anglais sous le titre :

Biofuels: Linking Support to Performance

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : www.oecd.org/editions/corrigenda.

© OCDE/FIT 2008

Toute reproduction, copie, transmission ou traduction de cette publication doit faire l'objet d'une autorisation écrite. Les demandes doivent être adressées aux Éditions OCDE rights@oecd.org ou par fax 33 1 45 24 99 30. Les demandes d'autorisation de photocopie partielle doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France, fax 33 1 46 34 67 19, contact@cfcopies.com ou (pour les États-Unis exclusivement) au Copyright Clearance Center (CCC), 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA, fax 1 978 646 8600, info@copyright.com.

FORUM INTERNATIONAL DES TRANSPORTS

Le Forum International des Transports a été créé par une Déclaration du Conseil des Ministres de la CEMT (Conférence Européenne des Ministres des Transports) lors de la session ministérielle tenue à Dublin les 17 et 18 mai 2006. Il résulte de la volonté des Ministres de transformer la CEMT en un forum international ayant notamment pour objectif d'aider les responsables politiques et un public plus large à mieux appréhender le rôle des transports en tant qu'élément clé de la croissance économique, ainsi que leurs effets sur les composantes sociales et environnementales du développement durable.

Établi sur la base juridique du Protocole de la CEMT signé à Bruxelles le 17 octobre 1953 ainsi que des instruments juridiques appropriés de l'OCDE, le Forum constitue une entité internationale bénéficiant des structures d'appui et des mécanismes de financement nécessaires. Son siège administratif est fixé à Paris.

Le Forum International des Transports a une dimension mondiale et un caractère global. Les sujets qui y sont traités sont de nature stratégique et d'une envergure globale. Ils peuvent concerner tous les modes de transport. Le Forum International des Transports est avant tout un lieu de discussion et de négociation.

Les pays membres à part entière et les pays membres associés de la CEMT sont les *membres fondateurs* du Forum. Il s'agit des pays suivants : Albanie, Allemagne, Arménie, Australie, Autriche, Azerbaïdjan, Bélarus, Belgique, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Canada, Corée, Croatie, Danemark, ERY Macédoine, Espagne, Estonie, États-Unis, Finlande, France, Géorgie, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Japon, Lettonie, Liechtenstein, Lituanie, Luxembourg, Malte, Mexique, Moldavie, Monténégro, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Russie, Serbie, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie, Ukraine. Le Maroc bénéficie d'un statut d'*observateur*. Des entreprises, organisations, institutions ou personnalités éminentes de la société civile peuvent être invitées à conclure avec le Forum un *partenariat*.

Le Forum International des Transports organise une Conférence annuelle à laquelle participent aussi bien des Ministres que des personnalités éminentes de la société civile et des représentants d'organismes concernés par la politique des transports. À partir de 2008, cette réunion aura lieu chaque année à Leipzig en Allemagne. Le thème retenu pour 2008 est le suivant : « Énergie et transport - Le défi du changement climatique ». La session de 2009 sera consacrée à « La mondialisation des échanges et son impact sur les transports et les infrastructures ».

Avec l'OCDE, un Centre conjoint de Recherche sur les Transports a été établi en 2004. Ce Centre mène des programmes de recherche coopératifs couvrant tous les modes de transport, recherches qui soutiennent la formulation des politiques dans les pays membres. À travers certains de ses travaux, le Centre apporte également des contributions aux activités du Forum International des Transports.

TABLE DES MATIÈRES

SYNTHÈSE DE LA DISCUSSION	7
--	---

RAPPORTS INTRODUCTIFS

Impact énergétique des biocarburants et incidences sur l'effet de serre : Un cadre d'analyse - par D. KAMMEN, A. FARRELL, R. PLEVIN, A. JONES, G. NEMET et M. DELUCCHI (États-Unis)	45
1. Introduction.....	49
2. La production de biocarburant.....	52
3. Effets du changement d'affectation des terres : un cadre préliminaire	62
4. Comparaison des analyses récentes sur les biocarburants.....	65
5. Développement du marché des biocarburants	69
6. Les bénéfices de la recherche et développement : Exemples d'initiatives précédentes.....	71
7. Conclusion	75
Aides : Distorsion du bilan économique des biocarburants - par T.R. STEENBLIK (Suisse)	83
1. Introduction.....	87
2. Aperçu du secteur des biocarburants liquides	88
3. Aides publiques aux biocarburants liquides	103
4. Marchés internationaux et obstacles aux échanges	115
5. Implications politiques.....	125
6. Conclusions et recommandations	132
Annexe : Conditions de durabilité de la biomasse élaborées par le Groupe néerlandais pour la biomasse durable	136
Biocarburants durables pour le secteur des transports - par B. AHRING (Danemark) ...	145
1. Introduction.....	149
2. Biocarburants de première ou de deuxième génération.....	149
3. Biocarburants de deuxième génération : Objectifs politiques aux États-Unis et dans l'Union Européenne.....	152
4. Une nouvelle politique s'impose pour promouvoir des biocarburants durables	155
5. Estimations de la production future de biocarburants aux États-Unis et dans l'Union Européenne.....	156
6. Technologie des biocarburants	159
7. Conclusion	161

Performances des biocarburants brésiliens : Analyse économique, environnementale et sociale - par E.F. DE ALMEIDA, J.V. BOMTEMPO et C.M. DE SOUZA E SILVA (Brésil)	163
Introduction	167
1. Performance de l'éthanol brésilien	167
3. Performances du biodiesel brésilien	187
Certification environnementale des biocarburants - par J. WOODS et R. DIAZ-CHAVEZ (Royaume-Uni)	209
1. Introduction	213
2. Contexte et ressources mondiaux	214
3. Systèmes nationaux d'assurance qualité et de certification des biocarburants	220
4. Assurance qualité et certification	223
5. Conclusions	227
LISTE DES PARTICIPANTS	233

SYNTHÈSE DE LA DISCUSSION

SOMMAIRE

1.	CONCLUSIONS ET MESSAGES À L'INTENTION DES DÉCIDEURS	11
	1.1. Réduction des émissions de gaz à effet de serre : performances des biocarburants.....	11
	1.2. Coûts et mise en place de nouvelles politiques	12
	1.3. Biocarburants avancés.....	12
	1.4. Efficacité des subventions	12
	1.5. Réforme des politiques.....	13
2.	INTRODUCTION	14
3.	INCIDENCES EN MATIÈRE D'ÉNERGIE ET DE GAZ À EFFET DE SERRE.....	15
	3.1. Incertitudes.....	20
	3.2. Impact sur l'écosystème.....	21
4.	SUBVENTIONS, RENTABILITÉ DES POLITIQUES D'AIDE AUX BIOCARBURANTS ET RÉPERCUSSIONS INDIRECTES SUR L'ÉCONOMIE.	22
5.	CARBURANTS DE DEUXIÈME GÉNÉRATION – PERFORMANCES ET POTENTIEL.....	28
6.	POSSIBILITÉS D'EXPORTATION DE L'ÉTHANOL BRÉSILIEN	30
	6.1. Commerce de biocarburants.....	32
7.	CERTIFICATION – POSSIBILITÉ DE LIER LES POLITIQUES DE SOUTIEN AUX PERFORMANCES	33
8.	PRODUCTION DE BIOCARBURANTS : PERSPECTIVES	36
	NOTES	38
	RÉFÉRENCES	39

1. CONCLUSIONS ET MESSAGES À L'INTENTION DES DÉCIDEURS

Bien que le présent compte rendu n'ait pas la prétention de livrer le point de vue unanime ou négocié des participants à la Table Ronde, un certain nombre de propositions ont recueilli un large soutien.

1.1. Réduction des émissions de gaz à effet de serre : performances des biocarburants

Les débats tenus lors de la Table Ronde ont mis en évidence la diversité des performances des biocarburants, tant en ce qui concerne leur bilan énergétique que les émissions de gaz à effet de serre (GES) pendant leur cycle de vie. Ces performances varient selon le carburant considéré, voire même, pour un même carburant ou une même matière de base, selon le processus de production ou les méthodes de culture. Dans les cas les moins favorables, certains biocarburants produisent beaucoup plus de gaz à effet de serre que l'essence ou le gazole.

Les discussions ont montré en outre que de nombreuses incertitudes subsistaient dans les estimations des émissions de CO₂ émanant des sols et des émissions de N₂O liées à la culture des matières de base. Ces émissions, qui diffèrent suivant le type de sol et les techniques de culture employées, peuvent représenter une forte proportion des émissions globales de GES enregistrées pour certains biocarburants conventionnels.

S'agissant des biocarburants qui ne permettent qu'une réduction relativement faible des émissions de GES (jusqu'à 30 pour cent environ), comme l'éthanol produit à partir du maïs ou de diverses autres céréales, le degré d'incertitude peut s'avérer supérieur au bénéfice moyen escompté. Le risque existe donc que de tels carburants ne présentent que de faibles avantages, voire produisent plus de gaz à effet de serre que les produits pétroliers.

On produit actuellement de petites quantités de biocarburants à partir de lactosérum et d'huiles alimentaires usagées : la réduction des émissions de GES ainsi obtenue est relativement importante, puisqu'elle avoisine 70 pour cent. Le seul biocarburant produit à grande échelle dont les performances soient comparables est l'éthanol brésilien fabriqué à partir de la canne à sucre. Pour être viable, toutefois, cette production a besoin d'aides fiscales représentant approximativement un milliard d'USD par an.

La plupart des autres productions de biocarburants à grande échelle (éthanol de betterave sucrière ou de sorgho, biodiesel produit à partir du colza, de l'huile de soya ou de l'huile de palme) réduisent de 30 à 50 pour cent les émissions de gaz à effet de serre, mais nécessitent d'importantes subventions.

1.2. Coûts et mise en place de nouvelles politiques

Des points de vue divergents ont été exprimés quant à la quantité de biocarburants qu'il serait possible de produire durablement. La plupart des biocarburants sont cependant coûteux, notamment si l'on tient compte du facteur environnemental. Seul le maintien à long terme d'un prix élevé du pétrole pourrait aboutir à la production de biocarburants en quantités commercialisables. Si les subventions étaient ramenées à un niveau reflétant la contribution des biocarburants à la réduction des GES, une grosse partie de la production devrait cesser.

Si l'objectif consiste à limiter la vulnérabilité de l'approvisionnement en énergie et à réduire les émissions de GES, l'amélioration de l'efficacité énergétique des moyens de transport offre des perspectives beaucoup plus intéressantes – et moins coûteuses – que la promotion des biocarburants.

Il serait également plus rentable, plutôt que d'octroyer des subventions ou de définir des objectifs concernant les biocarburants, d'appliquer des taxes liées à la teneur en carbones des carburants (y compris des biocarburants) directement axées sur les émissions de CO₂. Les droits d'accise prélevés sur les carburants sont très similaires à une taxe sur la teneur en carbone, quoique le montant en soit parfois élevé. En Europe, le montant des droits d'accise équivaut approximativement à une taxe sur le carbone pour l'essence et le gazole d'environ 200 euros par tonne d'équivalent CO₂, soit environ dix fois le coût actuel du CO₂ dans le système européen de permis négociables. On estime aujourd'hui que les mesures de soutien de l'éthanol aux États-Unis ont un coût deux fois plus élevé dans les distilleries d'éthanol les plus performantes. Il en va de même pour le biodiesel produit à partir d'huile de palme dans l'Union Européenne.

1.3. Biocarburants avancés

S'agissant des matières de base utilisées pour la production de biocarburants et des processus de production, les générations futures devraient émettre moins de gaz à effet de serre et pourraient présenter un meilleur rapport coût-efficacité. Ces biocarburants pourraient satisfaire jusqu'à 10 ou 20 pour cent des besoins actuels en énergie dans le domaine des transports, un pourcentage qu'il sera impossible de dépasser sans d'importants progrès technologiques (Jones, 2007).

L'éthanol produit dans des usines pilotes à partir de matières ligno-cellulosiques donne déjà de bien meilleurs résultats que la plupart des biocarburants conventionnels en termes d'émissions de GES, et s'avère aussi performant que le meilleur éthanol de canne à sucre brésilien. Les aspects économiques restent cependant assez flous ; s'agissant de production à grande échelle, l'approvisionnement potentiel en éthanol ligno-cellulosique se trouve limité par les questions de coût et de disponibilité des terres pour les cultures à visée énergétique. Un certain nombre de motifs justifient le soutien à la recherche sur les biocarburants avancés, sans cependant qu'il soit recommandable d'en arriver à un soutien illimité.

1.4. Efficacité des subventions

Les aides à la production à grande échelle et à la consommation de biocarburants conventionnels ne contribuent pas à la mise en œuvre des objectifs stratégiques que sont la réduction des émissions de GES ou l'amélioration de la sécurité d'approvisionnement des carburants destinés aux transports. Elles sont inefficaces sous l'angle d'une garantie de ressources pour les communautés rurales, et elles

absorbent une part non négligeable de l'argent du contribuable (4 milliards d'USD en 2007 aux États-Unis pour les seuls allègements fiscaux, 4 milliards d'USD en 2006 au titre des allègements fiscaux dans l'Union Européenne, entre 13 et 15 milliards d'USD pour l'ensemble des mesures de soutien dans la zone OCDE), sans que l'on en retire des bénéfices équivalents. L'Allemagne a entrepris de réduire les subventions aux biocarburants ; par ailleurs, le Royaume-Uni devrait atténuer progressivement l'écart qui existe actuellement entre les droits d'accise (20 pence, soit 0.29 euro par litre).

1.5. Réforme des politiques

Les objectifs concernant les volumes de production de biocarburants ne constituent pas des incitatifs suffisants, qu'il s'agisse de limiter les coûts, d'éviter les atteintes à l'environnement, voire même de veiller au respect des normes en matière de réduction des gaz à effet de serre. Il semble préférable de fixer des limites quant à la teneur en carbone des carburants, certificats à l'appui.

La Californie, les Pays-Bas, l'Allemagne, la Suisse, le Royaume-Uni et la Commission Européenne s'emploient à mettre au point des systèmes d'homologation afin de réglementer le marché des biocarburants. Ces dispositifs visent à l'amélioration des résultats pour l'environnement. Si les pouvoirs publics continuent de promouvoir les biocarburants, il faudra se montrer plus sélectif dans le choix des producteurs et des processus à subventionner. Faute d'adapter ainsi la politique actuelle en conditionnant les aides à la certification, le taux effectif de réduction des GES -- objectif prioritaire -- restera décevant, et ce malgré les progrès qui pourraient être enregistrés dans la production et la consommation de biocarburants. On peut également s'attendre à des retombées fâcheuses concernant d'autres objectifs liés au développement durable.

Il convient de souligner que les mécanismes de certification ne sont pas vraiment conçus pour faire face au problème des impacts indirects de la production de biocarburants. La certification permet seulement d'influer sur la garantie de la chaîne d'approvisionnement. Elle peut par exemple contribuer à modifier les méthodes agricoles et les modes de récolte des produits de la biomasse, afin de limiter les répercussions sur l'environnement. En revanche, elle ne pourra rien contre la délocalisation de certaines activités agricoles en raison du développement de la production de biocarburants, ni contre les changements qui en découleraient quant à l'exploitation des terres situées en dehors de la zone cultivée en vue de la production de biocarburants. Des initiatives distinctes s'imposeront, afin de protéger de toute forme de développement les écosystèmes naturels et semi-naturels qu'il importe de préserver.

La gamme actuelle des biocarburants, ainsi que leurs performances parfois médiocres en termes d'émissions de GES, résultent en partie de l'absence de réglementation ou d'incitations à sélectionner ces biocarburants en fonction de leur profil environnemental. La difficulté qui se pose pour la mise en place de systèmes de certification consiste à proposer des mesures incitatives tout en ménageant un bon rapport coût-efficacité.

2. INTRODUCTION

Le soutien des administrations nationales à la production de biocarburants a été motivé principalement par les politiques agricoles et énergétiques des pays, dont l'objectif est de remplacer le pétrole importé par des biocarburants, tout en soutenant le revenu des agriculteurs et les industries agricoles. Ces dernières années, ce soutien est devenu un élément essentiel de la politique menée par de nombreux pays pour réduire les émissions de CO₂ imputables au secteur des transports. L'importance relative accordée aux différents facteurs varie d'un pays à l'autre.

On estime que les aides à la production de biocarburants, en forte progression, ont atteint approximativement 15 milliards d'USD en 2007 pour l'ensemble de l'OCDE. De nombreuses administrations ont également imposé des quotas de biocarburants aux distributeurs de pétrole. L'Union Européenne exige de ses États membres qu'ils fassent le nécessaire pour que les biocarburants répondent à 2 pour cent de la demande en carburant dans les transports, une proportion qui devrait atteindre 5.75 pour cent en 2010. La Commission Européenne propose de porter cet objectif à 10 pour cent d'ici à 2020¹. L'administration américaine a retenu l'objectif de 4 milliards de gallons d'éthanol (15 milliards de litres) pour 2006, soit près de 3 pour cent du marché des carburants, et a proposé de viser une production de 35 milliards de gallons (130 milliards de litres) de biocarburants d'ici à 2017, ce qui devrait représenter quelque 9 pour cent de la consommation dans le secteur des transports.

Tous les biocarburants n'ont cependant pas la même efficacité dès lors qu'il s'agit de les utiliser en remplacement du pétrole ou de réduire les émissions de gaz à effet de serre, en promouvoir la production peut donc avoir des conséquences indésirables. Les aides à la production, ainsi que la demande croissante en céréales et oléagineux qui en découle, semblent avoir contribué à la flambée des prix des produits alimentaires et des aliments pour bétail sur les marchés mondiaux, alors que ces produits sont de plus en plus demandés pour des utilisations classiques. En outre, suivant les matières de base et les pratiques agricoles mises en œuvre pour leur culture, la production de biocarburants peut avoir de lourdes conséquences pour l'environnement, notamment : détérioration de la biodiversité, baisse de la fertilité des sols et augmentation des taux d'érosion, captage de quantités d'eau excessives, pollution des eaux. Dans certains cas, la culture de matières de base transformables en biocarburants peut même conduire à une nette augmentation des émissions de GES.

Ont participé à la Table Ronde, 50 chercheurs de premier plan, spécialistes des aspects scientifiques et économiques des biocarburants, afin d'examiner la capacité de ces carburants à répondre aux attentes des pouvoirs publics qui ont fait le choix de les promouvoir, d'analyser les aspects économiques de la production de biocarburants et d'évaluer la possibilité de limiter les atteintes à l'environnement que pourrait entraîner une production à grande échelle. Dans ce contexte, la Table Ronde s'est intéressée à l'état d'avancement des systèmes de certification censés limiter les effets non souhaités, sur l'environnement, de l'action en faveur des biocarburants et de leur production.

Sous la présidence de Lyn Martin, du Bureau of *Transport and Regional Economics* en Australie, les débats ont traité des grands sujets ci-après :

- incidences, en matière d'énergie et de gaz à effet de serre, de la production de biocarburants et de leur utilisation en remplacement des produits pétroliers dans le secteur des transports ;
- aspects économiques liés aux biocarburants ;
- potentiel des carburants de deuxième génération ;
- potentiel des exportations d'éthanol brésilien ;
- certification et possibilité de lier les aides aux performances ;
- impact des discussions sur l'action des pouvoirs publics.

Le débat s'est articulé autour de cinq documents, dont chacun aborde l'un de ces sujets. On trouvera à l'adresse Internet :

<http://www.cemt.org/JTRC/EconomicResearch/RoundTables/index.htm> le texte des exposés établis à partir de ces différents documents.

3. INCIDENCES EN MATIÈRE D'ÉNERGIE ET DE GAZ À EFFET DE SERRE

Les participants ont d'abord passé en revue les travaux de recherche analysant l'impact, sous l'angle du bilan énergétique et des émissions de GES pour l'ensemble du cycle de vie, de la production de biocarburants en vue de leur commercialisation sur le marché des transports. Le débat a été lancé par M. Alex Farrell, de l'université de California Berkeley, qui a mis l'accent sur les résultats mitigés de ces travaux et a précisé les paramètres essentiels dont ils dépendent.

Le Groupe *Energy and Resources* de Berkeley a entrepris une comparaison détaillée de six études représentatives concernant les performances de l'éthanol de maïs produit aux États-Unis en termes d'énergie et d'émissions de GES (Farrell *et al.* 2006), dont les résultats ont été publiés dans le magazine *Science* en 2006. Quatre de ces six études sont parvenues à la conclusion que la production et la consommation de biocarburants dans le domaine des transports entraînent des émissions de CO₂ plus importantes que la production et la consommation d'essence (voir les petits cercles de couleur claire situés au-dessus de la ligne horizontale dans la Figure 1). Les incidences moyennes constatées vont d'une diminution de 20 pour cent des émissions à une augmentation de 32 pour cent. Quant au bilan énergétique net, deux des études ont observé que l'éthanol de maïs nécessite davantage de carburant d'origine fossile pour sa production qu'il ne génère d'énergie (cercles de couleur claire à gauche de la ligne verticale dans la Figure 1). Si toutes les études ont relevé des économies nettes en pétrole, une quantité considérable de gaz ou de charbon est cependant absorbée par le traitement de la biomasse nécessaire à la production d'éthanol.

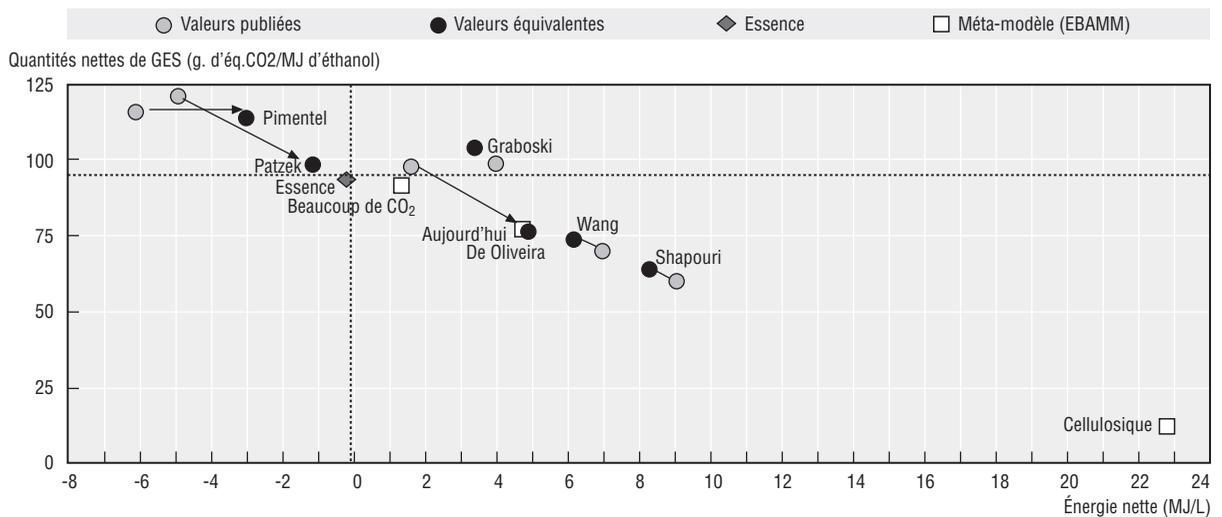
La comparaison avait pour but d'étalonner les résultats en normalisant les hypothèses sur lesquelles les différentes études étaient fondées. Les principales différences recensées concernent les paramètres fixés pour les études (décisions quant aux éléments du système de production global à prendre en compte ou à exclure), ainsi que les hypothèses relatives aux aspects suivants :

- la principale énergie utilisée dans les bio-raffineries – gaz naturel, pétrole, électricité ou charbon, dont le rendement thermique et les émissions de CO₂ diffèrent largement ;

- l'érosion des sols et l'oxydation du carbone contenu dans le sol découlant des cultures en cause ;
- l'application d'amendements calcaires sur les terres cultivables ;
- le traitement de l'énergie coproduite (contenu énergétique des sous-produits utilisables à des fins autres que la production de carburants).

La principale source d'énergie utilisée dans la production de biocarburants, et en particulier pour la distillation de l'éthanol, influe de manière décisive sur les émissions de gaz à effet de serre. L'efficacité des chaudières, très variable, permet également d'expliquer certains écarts de performances. Dans la plupart des régions, le gaz naturel ou l'électricité fournissent l'énergie nécessaire au processus de chauffe. Le prix élevé du gaz, toutefois, a conduit un certain nombre de nouvelles unités de production d'éthanol du Middle West américain à recourir au charbon, ce qui se solde par de fortes émissions de GES. Au Brésil, on brûle la bagasse (résidus de canne à sucre) afin de produire la chaleur industrielle et l'énergie électrique, ce qui explique en grande partie les excellentes performances de ce pays en matière de production d'éthanol (voir le document préparé par Edmar de Almeida pour la Table Ronde)².

Figure 1. **Bilan énergétique et émissions de gaz à effet de serre pour les différents modes de production d'éthanol de maïs : données provenant des documents publiés sur le sujet et adaptées dans un souci de cohérence**



Note : EBAMM = Méta-modèle d'analyse des carburants de l'*Energy Resources Group* (ERG) de l'Université de Berkeley (California). Ce modèle fait l'objet d'un logiciel gratuit, et peut être téléchargé à l'adresse <http://rael.berkeley.edu>

Source Farrell *et al.*, Science 2006 (voir la liste des Références pour connaître les sources originales de l'étude).

L'équipe de l'ERG a élaboré un métamodèle qui permet de comparer les résultats de toutes les études réalisées à partir d'hypothèses cohérentes. Des ajustements ont été effectués sur les points suivants :

- apports en énergie primaire ;
- aspects limites à prendre en considération (ajout de paramètres manquants, comme l'énergie nécessaire au traitement des résidus, et élimination d'éléments de paramétrage superflus) ;
- contenu énergétique des sous-produits.

Les ajustements effectués pour tenir compte des différentes hypothèses atténuent les écarts entre les résultats des études consacrées à l'éthanol de maïs produit aux États-Unis (voir les cercles noirs dans la Figure 1). Cela ne modifie pas pour autant leur position absolue. A une exception près, les études qui avaient constaté un solde énergétique négatif et des émissions de GES supérieures par rapport à la production et à l'utilisation d'essence (à gauche et au-dessus des lignes rouges) aboutissent aux mêmes résultats négatifs après ajustement. La moitié des études attestent, après correction, un solde négatif pour les émissions de gaz à effet de serre.

L'équipe ERG a sélectionné les données jugées les plus intéressantes dans les études originales, afin de procéder à trois études de cas au moyen de son modèle (Figure 1) :

- *L'éthanol aujourd'hui*, qui s'appuie sur des valeurs normales concernant la production d'éthanol de maïs aux États-Unis ;
- *Émissions importantes de CO₂*, étude menée à partir de plans visant à acheminer du maïs cultivé au Nebraska jusqu'à une usine de production d'éthanol située dans le Dakota du Nord et fonctionnant au lignite ;
- *Éthanol cellulosique*, sur la base de données figurant dans l'étude de Wang consacrée à l'éthanol ligno-cellulosique produit à partir du panic.

Ces éléments complémentaires ont permis de montrer que le volume des émissions de GES peut varier de 1 à 10 selon la matière de base utilisée pour la production d'éthanol. Les études de cas précitées illustrent en outre la forte réactivité des résultats à la teneur en carbone du carburant employé pour le traitement et la distillation, étant entendu que les usines alimentées au charbon et les modes de production nécessitant de nombreux transports sont étiquetés « à forte intensité de CO₂ ». Ce scénario englobe le transport de maïs par le train, sur de longues distances, avec des locomotives diesel. Le transport occupe une place croissante dans les analyses sur le cycle de vie, car la taille des usines de production de biocarburants augmente et les matières de base doivent être acheminées à partir de régions de plus en plus éloignées. Par exemple, plusieurs grandes usines installées sur le Golfe du Mexique font venir du maïs en train depuis le Middle West. De plus, les matières de base résiduelles destinées à l'alimentation animale (drêches de distillerie) doivent fréquemment être transportées sur de longues distances jusqu'aux fermes d'élevage.

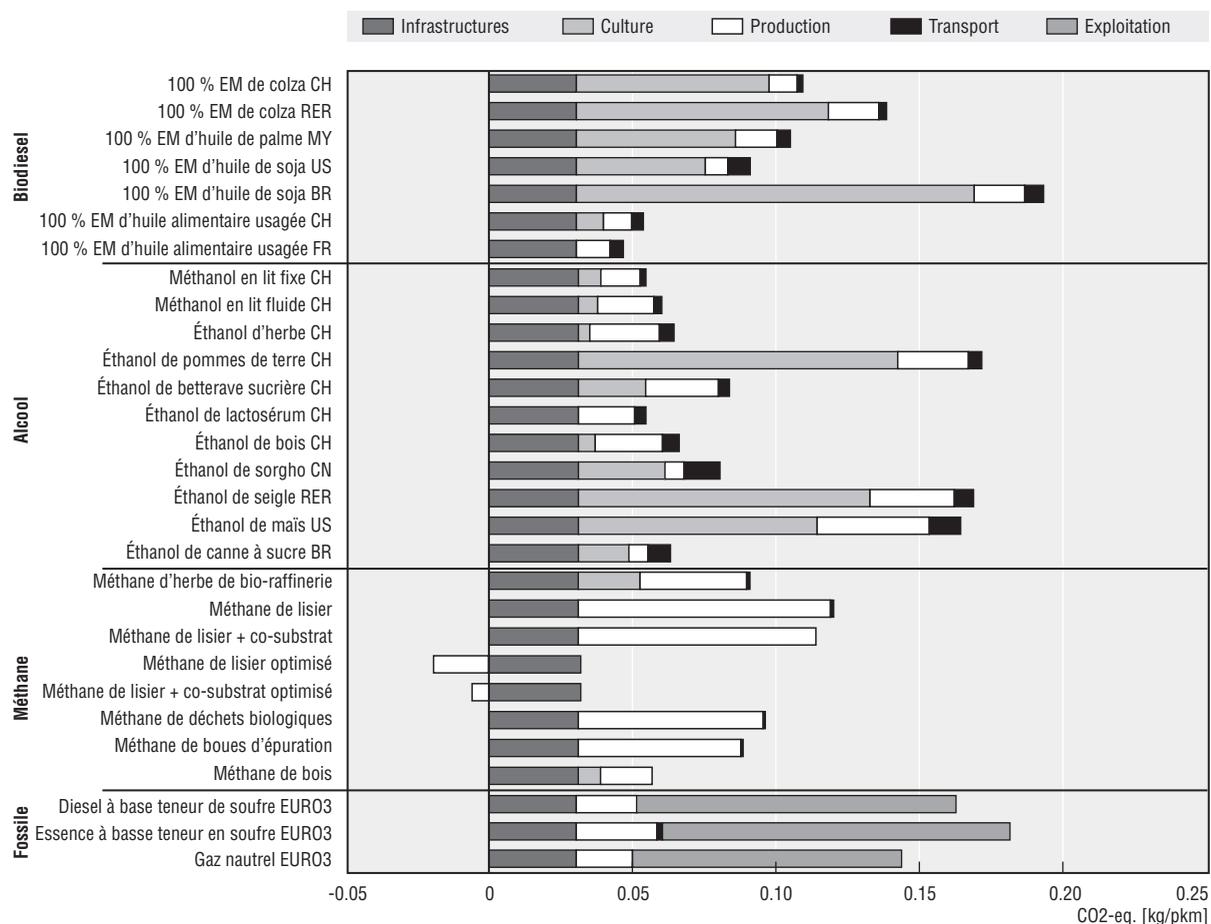
Plus généralement, les moyennes présentées dans la Figure 1 et tirées des différentes études originales masquent une très grande diversité de résultats au niveau des sites de production.

L'une des évaluations les plus récentes et les plus complètes consacrées aux effets des biocarburants sur l'environnement a été réalisée par l'*Empa Research Institute* pour le compte de l'administration suisse (Zah *et al.*, 2007). Ont été élaborés à cet effet des indicateurs très complets relatifs aux répercussions environnementales, ainsi que des évaluations concernant les émissions de GES pour l'ensemble du cycle de vie d'un grand nombre de biocarburants et de systèmes de production. Les travaux ont porté sur les biocarburants produits dans différents pays. L'étude est partie de l'hypothèse que les biocarburants devaient être utilisés en Suisse, mais étant donné que la

contribution du transport des carburants finis à l'émission de GES est relativement faible, cela n'a qu'une incidence minime sur les chiffres.

Les résultats présentés dans les Figures 2 et 3 illustrent l'importance des émissions enregistrées pendant la phase de culture pour déterminer le volume total de gaz à effet de serre, de même que la teneur en carbone de la matière organique rendue à la terre après la récolte.

Figure 2. Comparaison des émissions de gaz à effet de serre, par type d'opération, au cours des processus de production et de distribution de biocarburants et de produits pétroliers



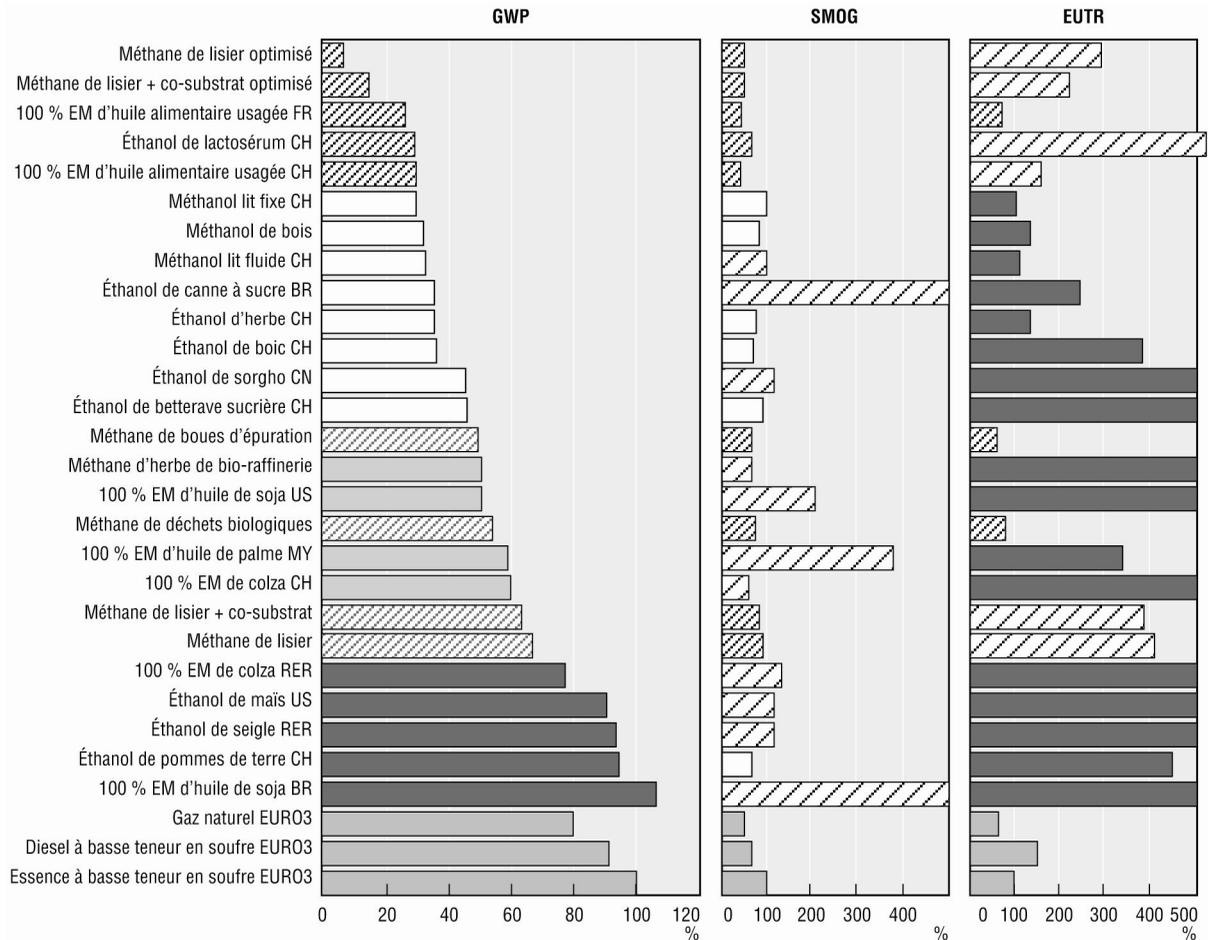
Notes : L'utilisation de véhicules est neutre du point de vue des émissions de CO₂ pour les carburants non mélangés, car le CO₂ émis lors de la combustion est absorbé pendant la croissance des plantes.

Le potentiel de réchauffement global est exprimé ici en kilogrammes d'équivalent CO₂ par kilomètre-passager, sur la base d'un facteur de chargement de 1,59 passager par véhicule. Les chiffres relatifs aux infrastructures tiennent compte des émissions pendant les phases de production et de maintenance du véhicule et de la route.

RER = Union Européenne.

Source : Zah *et al.* 2007.

Figure 3. **Écobilan des biocarburants pour l'ensemble du cycle de vie par rapport aux carburants fossiles de référence.**



Notes : GWP = potentiel de réchauffement dû aux GES, SMOG = potentiel de smog estival, EUTR = surfertilisation. RER = Union Européenne.

Les biocarburants sont classés en fonction de la réduction des émissions de GES. Dans le diagramme de gauche, les émissions inférieures de plus de 50 pour cent à celles des carburants issus du pétrole sont indiquées en vert, celles dont la réduction est comprise entre 30 pour cent et 50 pour cent sont en jaune et celles qui sont inférieures de moins de 30 pour cent apparaissent en orange. Dans les deux autres diagrammes, les significations sont les suivantes : vert = mieux que la référence, orange = moins bien que la référence. Rayures = filières de production utilisant des résidus ou des déchets.

Source : Zah *et al.* 2007.

L'étude de l'EMPA confirme plusieurs des points observés par Farrell *et al.* :

- diversité considérable des performances, sous l'angle des émissions de GES, selon les carburants et les matières de base ;

- l'éthanol de maïs et l'éthanol produits à partir de seigle et de pommes de terre ne présentent aucun avantage à cet égard ;
- l'éthanol ligno-cellulosique produit à partir d'herbes et de bois ouvre des perspectives potentiellement beaucoup plus intéressantes de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'étude relève en outre les bonnes performances, en la matière, de l'éthanol produit de lactosérum et des biocarburants produits à partir d'huiles végétales recyclées. Les autres carburants dont l'intérêt est indiscutable en termes d'émissions de GES (réduction supérieure de plus de 50 pour cent par rapport à l'essence ou au diesel) sont les suivants : éthanol de canne à sucre brésilienne, éthanol de sorgho canadien et éthanol de betterave sucrière. Les biodiesels produits à partir de soya des États-Unis, d'huile de palme de Malaisie et de colza de Suisse donnent également d'assez bons résultats, avec des émissions de GES de 30 à 40 pour cent inférieures à celles du diesel conventionnel. D'après l'étude, le biodiesel extrait du colza dans l'Union Européenne affiche des performances moins bonnes (100 pour cent EM de colza RER dans la Figure 3).

3.1. Incertitudes

Les discussions tenues lors de la Table Ronde ont confirmé qu'il subsistait de nombreux points d'interrogation quant au bilan énergétique des biocarburants et aux émissions de GES pour l'ensemble de leur cycle de vie. La plupart de ces incertitudes se rapportent à la production de matières de base, alors que la transformation de ces dernières en carburant, beaucoup mieux maîtrisée, est plus facilement mesurable.

La quasi-totalité des biocarburants sont actuellement produits sur des terres fertiles, et peuvent donc rivaliser avec d'autres productions agricoles. De l'avis de nombreux participants à la Table Ronde, les incertitudes concernant les gaz à effet de serre émis par ce type de biocarburant sont telles qu'il est impossible de tirer des conclusions fermes quant aux avantages et aux inconvénients qu'ils présentent sur le plan climatique.

D'autres participants sont parvenus à la conclusion que ces importants éléments d'incertitude ne portent que sur quelques paramètres (principalement les modifications dans l'affectation des sols et les émissions d'oxyde nitreux) et que les fourchettes d'émissions sont tout à fait quantifiables. Selon eux, pour ce qui concerne les biocarburants dont l'intérêt est limité en termes d'émissions de GES (comme l'éthanol de maïs), les incertitudes suffisent pour affirmer que ces émissions pourraient bien en fait s'avérer supérieures à celles de l'essence. Toutefois, la plupart des biocarburants permettent une réduction nette de ces émissions, même si elles restent parfois limitées.

Une étude récente de Tad Patzek, s'appuyant sur une estimation de l'impact des modes classiques de culture du maïs aux États-Unis, observe que les émissions causées par l'oxydation de l'humus dans des sols érodés par le vent pourrait être la deuxième composante des émissions liées à la production d'éthanol de maïs, après celles du carburant employé pour le processus de bioraffinage (Patzek 2007). De nouvelles recherches scientifiques seront indispensables, afin de disposer de chiffres propres aux autres cultures et pratiques agricoles. Le recours à de nouvelles cultures et à de nouvelles méthodes pourrait limiter considérablement les émissions de GES, ainsi que d'autres effets sur l'environnement.

L'écart entre les émissions de gaz à effet de serre les plus élevées et les plus faibles dans les analyses de Farrell et de l'équipe ERG s'explique en grande partie par les différences supposées dans les quantités de chaux utilisées pour la culture du maïs ; les auteurs ont d'ailleurs souligné que les données disponibles sur ce point étaient très médiocres.

Les incertitudes qui ressortent de l'analyse des émissions de GES produites par les carburants pendant leur cycle de vie concernent essentiellement l'évolution des modes d'exploitation des sols. Les changements liés à la production de biocarburants peuvent modifier considérablement la proportion de carbone dans la biomasse et dans le sol. Il est vrai que les niveaux de carbone sont très variables, mais les sols des forêts, des marécages et des prairies en contiennent sensiblement plus, de manière générale, que les terres agricoles normales (Delucchi 2006). Convertir des forêts ou des prairies en terres agricoles dans le but de cultiver des plantes transformables en biocarburants peut donc provoquer des émissions de carbone équivalentes à plusieurs décennies d'utilisation de carburants fossiles.

Autre source majeure d'incertitude : le volume d'oxyde nitreux (N_2O) rejeté par les sols cultivés ou produit indirectement par l'application d'engrais, qui peut représenter jusqu'à 50 pour cent du total des émissions de GES dues à la production de certains biocarburants, en équivalents CO_2 . Selon un rapport établi récemment pour l'Agence allemande de l'environnement, mais non publié, lorsque les émissions de N_2O sont prises en compte, le biocarburant produit à partir du colza en Allemagne émet trois fois plus de GES que le diesel conventionnel. Mark Delucchi, de l'Université de California Davis, est parvenu à des résultats similaires pour le biodiesel de soya produit aux États-Unis (Delucchi 2006).

Les pratiques agricoles jouent un rôle déterminant en matière de GES, le choix de « bonnes » ou de « mauvaises » pratiques pouvant suffire à faire pencher la balance du côté positif ou négatif. La nature des sols a également son importance. On estime que les sols cultivés riches en humus, majoritaires dans le Nord de l'Europe, produisent des émissions de gaz à effet de serre une centaine de fois supérieures à celles des terres plus minérales qui caractérisent l'Espagne ou les principales zones de culture de canne à sucre au Brésil. Le rendement des terres a aussi des conséquences non négligeables sur le bilan énergétique et les émissions de GES des biocarburants au cours de leur cycle de vie.

3.2. Impact sur l'écosystème

L'utilisation de déchets comme matière première pour la production de biocarburants permet d'éviter un grand nombre de problèmes liés à la culture de plantes spécifiquement destinées à cette production. Dans le même temps, la plupart des déchets agricoles s'accompagnent d'un coût de substitution et l'agriculture durable préfère les rendre à la terre, afin de conserver la teneur en matière organique. Dans l'état actuel des choses, les pratiques agricoles entraînent une baisse rapide des niveaux d'humus dans de nombreuses régions du monde. L'extraction de paille, de lisier ou de toute autre biomasse en vue d'une production à très grande échelle de carburants ligno-cellulosiques risquerait, suivant les quantités de résidus prélevées, d'accentuer encore cette tendance.

Lorsque la gestion des quantités excessives de lisier produites par l'agriculture intensive devient problématique, la conversion en biocarburant présenterait des avantages, encore qu'il soit difficile de faire une comparaison avec les résultats que donnerait une agriculture moins intensive. De façon plus

générale, on pourrait s'attendre à ce que la transformation en biocarburants de déchets qui, autrement, seraient déversés dans des décharges bénéficie à l'environnement, puisque les décharges adaptées ne sont pas suffisamment nombreuses.

Les participants à la Table Ronde ont abordé brièvement la possibilité d'utiliser, pour la production de matières de base transformables en biocarburants, des terrains dégradés que les exploitants n'utilisent généralement plus à des fins agricoles. Cette pratique n'est guère répandue actuellement ; lorsque des sols abîmés ont effectivement été convertis à la production de biocarburants – comme certaines terres concernées par le Programme de mise en réserve des terres fragiles (*Conservation Reserve Program*) aux États-Unis – ce sont généralement des cultures traditionnelles, comme le maïs, qui ont été retenues, causant tous les problèmes évoqués précédemment. Des solutions de remplacement ont été proposées, afin de mettre en place des cultures pérennes qui permettraient de rétablir la qualité des sols et d'y piéger le carbone tout en produisant des biocarburants, grâce à l'utilisation d'espèces existantes comme l'herbe de prairie ou de plantes génétiquement modifiées transformables en biocarburants (par exemple : herbe à éléphant, ou *miscanthus*). De telles approches n'ont pas encore fait leurs preuves ; elles ne permettraient qu'une production limitée de biocarburants, en raison du rendement relativement faible de ces sols et de ces matières de base.

Le classement de la quasi-totalité des biocarburants dans la catégorie des énergies « renouvelables » a été fondamentalement contesté. En effet, la transformation de la biomasse en carburant nécessite de prélever de la matière dans les écosystèmes naturels (lorsque ce sont des plantes ou des arbres sauvages qui sont convertis), de remplacer un écosystème par des cultures ou d'intensifier la production d'une exploitation agricole existante. Le résultat net, comme pour de nombreuses exploitations modernes, implique donc la destruction d'écosystèmes, une perte de biodiversité et un appauvrissement des écosystèmes des terres modifiées : autant de dégradations irréversibles, sauf à se placer dans une perspective géochronologique. Tout accroissement de la production de biomasse s'accompagnerait d'une consommation de ressources impossibles à remplacer. Même avec les niveaux actuels de production de biocarburants, ces pertes ne sont pas anodines. Dans une optique à très long terme, on a fait remarquer que la production de biocarburants à grande échelle n'était pas « durable » et que les biocarburants ne pouvaient être considérés comme « renouvelables » (voir Patzek 2007a pour un examen plus approfondi de cette question). Il en va naturellement de même du caractère « renouvelable » de nombreux produits alimentaires.

4. SUBVENTIONS, RENTABILITÉ DES POLITIQUES D'AIDE AUX BIOCARBURANTS ET RÉPERCUSSIONS INDIRECTES SUR L'ÉCONOMIE

Le débat a été lancé par un exposé de Ron Steenblik, Directeur de recherche pour le projet « *Global Subsidies Initiative* » de l'Institut international du développement durable, qui a examiné notamment :

- le volume et la portée des subventions ;
- les perspectives de viabilité commerciale compte tenu des prix du pétrole et des matières de base ;

- les interactions des marchés et l'impact des subventions aux biocarburants sur le marché des produits alimentaires et des matières premières destinées à l'alimentation animale.

Il a d'abord fait observer que l'on pourrait sans doute se dispenser d'une évaluation complexe et coûteuse des performances des biocarburants en vue de leur certification, si ces derniers ne bénéficiaient pas de subventions toujours plus importantes, et si l'on s'abstenait de fixer des objectifs quantitatifs pour leur production. Les biocarburants actuellement produits sans aides publiques directes ou indirectes sont rares, voire inexistantes.

Aux États-Unis, le dégrèvement fiscal accordé par l'Administration fédérale en fonction du volume de production de biocarburants devrait coûter quasiment 4 milliards d'USD au contribuable en 2007 (Tableau 1), soit l'équivalent d'un tiers des 12 milliards que représenteront en principe les subventions agricoles de cette année. Les crédits d'impôts octroyés au plan fédéral pour encourager les biocarburants pourraient passer à 16 milliards d'USD, si le Congrès américain adopte la proposition de l'Administration Bush de porter à 132 milliards de litres, d'ici à 2017, l'objectif de production annuelle de combustibles de substitution (Figure 4).

Dans l'Union Européenne, on estime que la réduction des droits d'accise sur les biocarburants a représenté un manque à gagner fiscal d'environ 3 milliards d'euros (4 milliards d'USD) en 2006, contre 1.8 milliard d'euros en 2005 (Kutas *et al.*, 2007).

Tableau 1. **Estimations concernant les principales exonérations fiscales accordées aux biocarburants aux États-Unis en 2007**
(milliards d'USD)

	Allègements fiscaux accordés aux « mélangeurs » par l'État fédéral (manque à gagner fiscal dû à l'allègement des droits d'accise en fonction du volume de production)	Crédits d'impôt accordés aux petits producteurs au niveau fédéral	Exonérations de droit d'accise sur les carburants au niveau des États	Total
Éthanol	3.2	0.1	0.2	3.5
Biodiesel	0.5	0.1	0.1	0.7
Total	3.7	0.2	0.3	4.2

Source : Koplow, 2007.

Tableau 2. **Estimations concernant les principales exonérations fiscales dans l'Union Européenne**

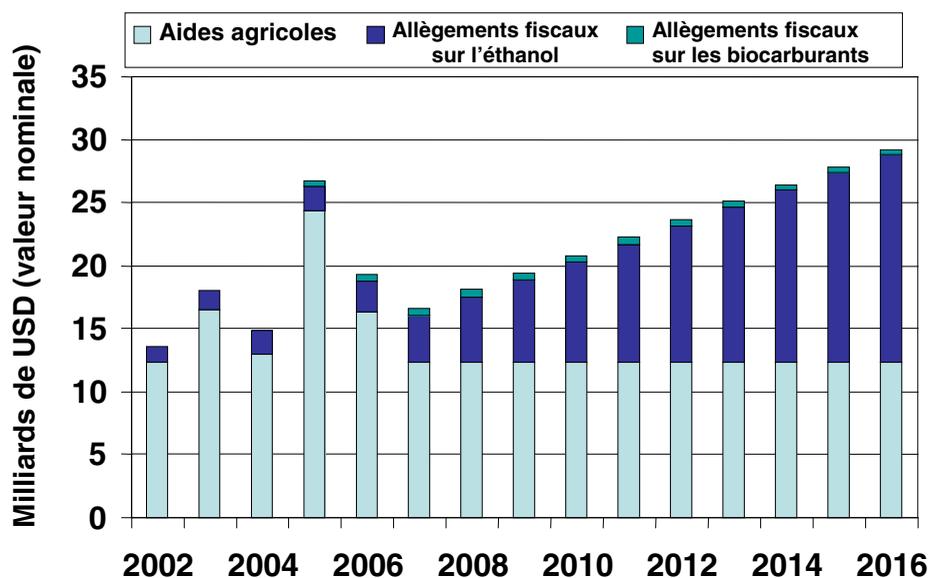
(Exonérations de droit d'accise – manque à gagner fiscal)

	2005		2006	
	Milliards d'euros	Milliards d'USD	Milliards d'euros	Milliards d'USD
Éthanol	0.5	0.7	0.8	1.2
Biodiesel	1.3	1.8	2.1	3.0
Total	1.8	2.5	3.0	4.1

Notes : Euros en prix courant. Conversion des euros en dollars au taux interbancaire en vigueur le 12 septembre 2007.

Source : Kutas *et al.*, 2007.

Figure 4. **Aides à l'agriculture et allègements fiscaux sur les biocarburants aux États-Unis : prévisions**



Note : Projection basée sur l'objectif fixé par l'Administration Bush (35 milliards de gallons, ou 131 milliards de litres d'éthanol) pour 2017, en supposant que les aides agricoles demeurent constantes en valeur nominale ; la forte hausse du montant des subventions en 2005 était due aux mesures de soutien des prix et aux paiements compensatoires suscités par l'effondrement du prix des cultures suite au passage de l'ouragan Katrina.

Source : Établi par Ron Steenblik, de la *Global Subsidies Initiative*, pour les besoins du présent rapport.

Pour l'ensemble de l'OCDE, M. Steenblik estime que l'ensemble des mesures de soutien aux biocarburants représentera de 13 à 15 milliards d'USD en 2007.

Il existe des moyens beaucoup moins onéreux d'économiser le carburant et de réduire les émissions de CO₂ dans le domaine des transports et dans d'autres secteurs de l'économie. En faisant abstraction des cas où l'utilisation de l'éthanol augmente les émissions de GES au lieu de les réduire, on a estimé que les mesures de soutien à ce carburant coûtaient 520 USD (soit 390 euros) pour les GES non émis grâce à la production d'éthanol dans les usines américaines les plus performantes³. Le coût de la réduction des GES dépasse 10 000 USD par tonne d'équivalent CO₂ (7 400 euros) dans l'hypothèse d'une production d'éthanol dans l'Oregon à partir de matières premières acheminées depuis le Middle West. Il est inconcevable, à de tels niveaux de coût, que le recours aux analyses du cycle de vie afin d'améliorer même les meilleures usines américaines de production d'éthanol et les méthodes de production de maïs puissent faire de l'éthanol un outil de réduction des GES plus rentable que d'autres solutions, comme les aides à l'efficacité énergétique des véhicules.

Il en va de même, d'après les travaux menés dans le cadre de la *Global Subsidies Initiative* (Kutas *et al.*, 2007), pour les biocarburants produits en Europe, bien que les réductions de GES soient nettement plus importantes que celles permises par l'éthanol de maïs américain. S'agissant de l'éthanol issu de la betterave sucrière en Europe, on estime que le coût des subventions par tonne d'équivalent CO₂ non émise se situe entre 450 et 620 euros ; pour le biodiesel produit à partir du colza, le coût est compris entre 750 et 990 euros, et il avoisine 270 euros (370 USD) pour le biodiesel dérivé d'huiles alimentaires usagées.

Tableau 3. **Coût des mesures d'atténuation de l'effet de serre : subventions par tonne d'équivalent CO₂**

Performance moyenne	Euros par tonne d'éq. CO ₂	USD par tonne d'éq. CO ₂
États-Unis – éthanol de maïs	390	520
UE – éthanol de betterave sucrière	450 - 620	610 – 840
UE – éthanol de colza	750 - 990	1 000 - 1 340

Note : Conversions aux taux interbancaires en vigueur le 7 septembre 2007.

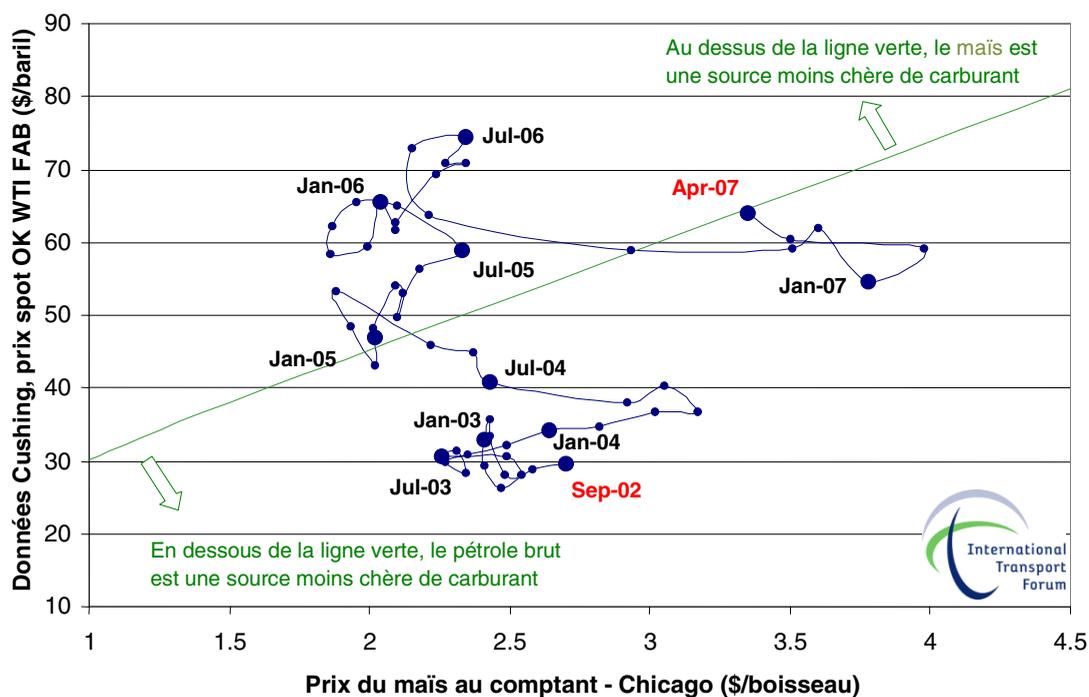
Sources : Koplow 2007 ; Kutas *et al.*, 2007.

Les aides aux biocarburants constituent un moyen extrêmement coûteux de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Par exemple, la subvention implicite que représente l'exonération de droit d'accise sur le biodiesel de 0.70 euro par litre en Allemagne correspond à une aide de 10 000 euros (13 000 USD) par véhicule sur la base du nombre moyen de kilomètres que parcourt une voiture sur l'ensemble de sa durée de vie. Si ce montant était investi dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules, la consommation moyenne pourrait s'en trouver réduite de façon très spectaculaire.

Dans certains cas, les aides à la production de biocarburants dépassent nettement le prix du carburant fossile auxquels ils se substituent. La Pennsylvanie, par exemple, envisage pour le biodiesel des subventions qui, associées aux aides fédérales, représenteraient 2.37 USD par gallon, alors que le prix avant impôt du gazole d'origine minérale s'élève approximativement à 2.00 USD par gallon. Les carburants fossiles bénéficient eux aussi de subventions, mais les montants par unité produite sont

moins élevés. Dans les pays de l'OCDE, des allègements fiscaux encouragent la production pétrolière, mais leur impact sur le prix à la pompe reste limité. (Ce sont principalement les pays membres de l'OPEP, ainsi que quelques pays à faible revenu, qui subventionnent les carburants).

Figure 5. Impact des prix du maïs et du pétrole brut sur la compétitivité de l'éthanol de maïs et de l'essence



Data sources : Ministère de l'Agriculture des États-Unis (prix du maïs) ; Energy Information Administration (prix du pétrole) ; *Break even line*, Tyner 2007.

La production de denrées alimentaires et de fibres reçoit également des subventions généreuses dans de nombreux pays, mais les aides à la production de biocarburants sont particulièrement mal structurées, sans plafond ni prise en compte des performances. On pourrait s'attendre à ce que l'objet de ces aides consiste à rendre les biocarburants compétitifs face aux produits pétroliers ; elles ne sont pourtant que rarement liées au prix du pétrole, et sont maintenues même lorsque ce prix atteint des niveaux susceptibles de rendre les biocarburants compétitifs. Il a été souligné qu'en France, les subventions accordées aux biocarburants sont désormais calculées sur la base d'un prix de 30 USD le baril de pétrole. Le baril ayant atteint 60 USD, le contribuable verse à l'industrie des biocarburants des montants considérables. Si les subventions d'équipements destinées à faciliter la construction de bioraffineries peuvent être suspendues assez facilement, les aides à la production s'avèrent toujours très difficiles à réformer.

Peu de marchés ont été faussés dans les mêmes proportions que celui des biocarburants par l'intervention des pouvoirs publics. Par ailleurs, les aides à la production de biocarburants rendent plus légitimes les demandes de subventions concernant d'autres carburants de substitution. Certains

responsables politiques américains, désireux de voir s'installer dans leur État de nouvelles usines de liquéfaction du charbon, plaident en faveur d'une subvention sous forme d'un crédit d'impôt (0.51 USD par litre) équivalent à celui dont bénéficie actuellement l'éthanol. Deux projets de loi ont été présentés au Congrès -- puis rejetés -- en juin 2007, dans le but d'instaurer un système d'aide analogue pour la production de carburants dérivés du charbon liquéfié. Cette démarche s'appuie sur la logique selon laquelle tous les carburants présentant les mêmes avantages pour l'environnement ou la sécurité énergétique devraient être subventionnés de la même façon. Ce type de raisonnement induit la multiplication des subventions. Une simple augmentation des droits d'accise, proportionnelle à la teneur en carbone des carburants, constituerait un moyen plus direct, plus limitatif et plus transparent d'encourager le développement des carburants à faible teneur en carbone.

De l'avis de certains, le cas du Brésil prouve que l'octroi de subventions peut être temporaire. La production d'éthanol brésilien est tout près du seuil de viabilité commerciale. Toutefois, ainsi que l'explique en détail le document préparé par M. de Almeida, ce produit est exonéré du droit d'accise sur les carburants, voire même de TVA dans les États producteurs de canne à sucre. La production ne serait pas viable sans ces avantages fiscaux. Le coût annuel de ce soutien représente environ 1 milliard d'USD.

L'idée que la production conventionnelle d'éthanol exige le même soutien qu'une industrie naissante est difficilement acceptable, dans la mesure où le mode de production est identique à celui de la fermentation des céréales utilisées pour la fabrication de la bière ou d'autres boissons alcoolisées, un processus exploité commercialement depuis des milliers d'années. Par ailleurs, les États-Unis produisent depuis vingt ans de l'éthanol qui sert ensuite à la fabrication de carburants. La nécessité d'encourager l'énergie éolienne avec des subventions de type « industrie naissante » a été soulignée, car le seuil de viabilité commerciale n'est plus très éloigné. Il semble toutefois que l'évolution aille en sens inverse dans le cas des biocarburants : le prix de la terre augmente, tout comme celui des céréales, dont la production a justement bénéficié de subventions.

D'aucuns ont estimé que le manque de produits de substitution pour les hydrocarbures liquides utilisés dans les transports justifiait un soutien particulier aux biocarburants ; ce point de vue n'a cependant pas recueilli l'ensemble des suffrages, car il est désormais possible, pour un coût bien moindre, de réduire fortement les émissions de CO₂ et d'économiser du pétrole dans d'autres secteurs. En outre, il est de toute évidence beaucoup moins efficace de transformer la biomasse en molécules hydrocarbonées complexes que de la brûler à des fins de chauffage ou pour produire de l'électricité.

Les aides à la production de biocarburants obéissent à trois objectifs stratégiques :

- réduction des émissions de gaz à effet de serre ;
- amélioration de la sécurité énergétique ;
- promotion des emplois ruraux.

D'autres moyens peuvent contribuer davantage à atteindre ces objectifs, pour un coût nettement moins élevé : promotion de l'efficacité énergétique, élaboration de stratégies de gestion de la demande dans le domaine des transports, soutien direct des revenus agricoles.

L'expérience a prouvé que les aides à la production ne contribuaient guère à la mise en œuvre de politiques sociales dans le secteur agricole : la quasi-totalité des avantages, en effet, profite aux grandes sociétés agro-industrielles plutôt qu'aux ouvriers ou aux petits exploitants qu'elles sont censées aider. Il en va de même avec la production de biocarburants, assurée pour l'essentiel par de grosses entreprises.

S'agissant de la sécurité énergétique, la volatilité des prix est généralement un bon indicateur des problèmes liés à la sécurité des approvisionnements. Les prix flambent en cas de pénurie, pour s'effondrer en période de surabondance. Les prix des céréales connaissent des fluctuations plus fortes que ceux du pétrole, notamment parce que les cultures sont tributaires des conditions météorologiques. Dans l'hypothèse même où la totalité des terres cultivables seraient converties à la production de biocarburants, la sécurité énergétique n'en serait pas garantie pour autant et la volatilité des prix pourrait s'en trouver accrue.

Accorder des subventions aux biocarburants peut revenir, du fait de leur coût élevé, à détourner des ressources qui auraient pu contribuer à l'amélioration de mesures d'efficacité beaucoup plus intéressantes en termes de réduction des GES. Globalement, le niveau et la structure actuels de ce soutien vont plutôt à l'encontre de la mise en œuvre de tous types d'objectifs stratégiques.

5. CARBURANTS DE DEUXIÈME GÉNÉRATION – PERFORMANCES ET POTENTIEL

Un débat s'est engagé suite à l'exposé de Mme Birgitte Ahring, de l'Université technique du Danemark, fondatrice de la société BioGasols Company, qui produit de l'éthanol ligno-cellulosique à partir d'une usine pilote danoise. Les points suivants étaient abordés dans cet exposé :

- performances énergétiques, par matière de base et par processus ;
- performances économiques à ce jour ;
- structure des subventions ;
- performances et échelle de production à partir de déchets et de cultures « énergétiques ».

Des usines pilotes d'éthanol ligno-cellulosique sont en cours de mise en place au Danemark : la production devrait démarrer d'ici un an ou deux, au rythme annuel de 10 millions de litres environ pour chacune d'elles. Ces entreprises seront conçues de manière à pouvoir utiliser plusieurs sortes de matières premières, plutôt que de produire du carburant à très faible coût. La prochaine génération de petites usines entièrement équipées, d'une capacité de quelque 70 millions de litres par an, est prévue approximativement pour 2010. Les unités de production à vocation pleinement commerciale seront encore plus importantes – à peu près 100 millions de litres par an – et devraient atteindre le seuil de rentabilité avec un prix de 35 USD par baril de pétrole. Mme Ahring prône néanmoins, dans son document, le maintien des aides à la production.

Selon l'exposé, les frais d'investissement des usines d'éthanol ligno-cellulosique sont supérieurs d'environ 50 pour cent à ceux des unités de production d'éthanol conventionnel ; le facteur essentiel à la viabilité commerciale reste cependant le coût des matières provenant de la biomasse. Le principal

ingrédient de base au Danemark sera la paille, en dépit de son prix relativement élevé (85 USD/tonne) ; différentes matières de base devraient cependant être utilisées par la suite, entre autres : vieux papiers, ordures ménagères et fibres résiduelles de lisier de porc. La possibilité de ne pas envoyer les détritiques à la décharge peut s'avérer particulièrement intéressante dans un contexte où les quantités d'ordures ménagères augmentent rapidement. La production de carburants à partir de certains types de déchets réduit à zéro l'impact négatif de l'exploitation des terres sur l'environnement, mais les quantités d'éthanol qui pourraient être produites à partir de ces matières restent à évaluer.

La grande diversité des matières premières susceptibles d'être transformées en éthanol ligno-cellulosique se traduit par des résultats très variables en matière de GES sur l'ensemble du cycle de vie. La probabilité d'obtenir des résultats positifs est meilleure qu'avec l'éthanol conventionnel. S'agissant des usines danoises utilisant la paille, on attend une réduction des émissions de 80 pour cent par rapport à l'essence. On ne dispose pas de chiffres concernant le coût par tonne de CO₂ évitée.

Les investissements relativement substantiels nécessaires à la production d'éthanol ligno-cellulosique supposent la réalisation d'importantes économies d'échelle. Il faudra donc vraisemblablement prévoir, pour assurer la viabilité commerciale du processus, de grandes usines capables de traiter de gros volumes de biomasse. Par conséquent, soit de grandes quantités de matières premières devront être disponibles au plan local, soit il faudra les transporter sur de longues distances jusqu'à l'unité de production. C'est ce qui se passe avec les cultures à faible rendement, comme le panic, qui pousse sur des sols peu productifs. Le transport des matières de base a cependant un coût financier et énergétique, et aggrave sérieusement les émissions de GES liées à ce mode de production de l'éthanol. Il faudrait, afin de produire des quantités d'éthanol suffisantes pour satisfaire plus de 1 ou 2 pour cent des besoins en carburant dans le secteur des transports, des plantations à grande échelle de cultures dédiées sur des sols raisonnablement fertiles. Les rendements par hectare en éthanol dérivé de matières ligno-cellulosiques sont plus élevés que ceux de la production d'éthanol selon des méthodes conventionnelles, car une part plus importante des matières de base est convertie en carburant. Le choix de ce mode de production pourrait donc limiter la pression exercée sur les ressources foncières, avec cependant des coûts plus élevés.

Les drèches de distillerie, co-produit des unités de production d'éthanol conventionnelles, pourraient servir de matière de base à la production ligno-cellulosique (bien que leurs 30 pour cent de protéines et 9 pour cent de matière grasse en fassent plutôt un aliment intéressant pour les animaux) et contribuer à accroître de 20 pour cent la production globale d'éthanol au sein d'un système intégré. Selon Mme Ahring, la transformation de bagasse en éthanol au Brésil permettrait de concurrencer l'essence sans recourir à des allègements fiscaux. Il a été souligné qu'en Australie, la canne à sucre est choisie comme matière de base pour ses feuilles ; le brûlage⁴, en revanche, est moins pratiqué afin de conserver de plus grandes quantités de bagasse.

Une fois encore, un certain nombre de questions ont été soulevées quant au bilan énergétique et matériel de la récupération de certains déchets pour en faire de l'éthanol. Au Brésil, la bagasse sert généralement à l'alimentation des chaudières utilisées pour la distillation de l'éthanol ; la co-production d'éthanol, en utilisant la bagasse pour fabriquer de l'éthanol ligno-cellulosique, sacrifierait les recettes de la vente d'électricité au réseau tout en faisant appel à d'autres combustibles (fossiles) pour fournir la chaleur et l'électricité nécessaires. Quant à la paille, normalement réintroduite dans les sols, son utilisation en grandes quantités pour produire de l'éthanol serait préjudiciable à la qualité de la terre.

Il semblerait que l'avenir reste incertain en ce qui concerne les possibilités d'exploitation commerciale de la première usine-pilote au monde pour la production à grande échelle d'éthanol ligno-cellulosique -- l'usine Iogen, au Canada. Certains ont évoqué le risque qu'une entreprise pionnière comme celle de Iogen ne s'avère pas concluante à long terme. Plusieurs petites sociétés privées s'emploient à mettre au point de nouvelles enzymes susceptibles de réduire les coûts, et le coût des enzymes elles-mêmes évolue à la baisse. Les États-Unis mettent actuellement à l'épreuve une technique qui consiste à introduire des algues dans des réservoirs contenant du dioxyde de carbone provenant de centrales alimentées par des combustibles fossiles. Sans éliminer le CO₂, cette méthode permet tout de même une production supplémentaire d'énergie par photosynthèse. La prudence a été recommandée quant à la possibilité de voir la bio-ingénierie améliorer radicalement l'efficacité de la production de biocarburants. Si les enzymes se sont montrées plus performantes que les catalyseurs chimiques en termes de sélectivité, c'est au détriment de la rapidité et de l'efficacité thermique, pour lesquelles les catalyseurs conservent l'avantage.

Les subventions modestes aux innovations techniques sont jugées utiles dans l'ensemble, puisqu'elles contribuent à soutenir la recherche sur des carburants de deuxième génération faisant appel à des technologies novatrices. Pourtant, certains de ces biocarburants se révèlent contre-productifs. La transformation de bois en liquides par le processus de liquéfaction de la biomasse présente un taux d'efficacité de 50 pour cent, alors que brûler le bois directement dans une chaudière puissante permet d'atteindre un taux de 80 pour cent ; 30 pour cent de la teneur énergétique du bois est perdue s'il est liquéfié plutôt que brûlé. Le remplacement du fioul par le bois pour le chauffage industriel et domestique permettrait de disposer d'un carburant pour moteurs diesel quatre fois plus efficace qu'un biocarburant.

D'autres carburants pourraient éventuellement être produits au moyen de technologies de deuxième génération, comprenant d'autres alcools (par exemple : le biobutanol), des hydrocarbures et de l'hydrogène. Ces solutions de remplacement n'ont pas été examinées en détail lors de la Table Ronde ; différentes options devront toutefois être étudiées.

6. POSSIBILITÉS D'EXPORTATION DE L'ÉTHANOL BRÉSILIEN

C'est M. Edmar de Almeida, de l'Institut d'Économie de l'Université fédérale de Rio De Janeiro, qui lance la discussion, plus particulièrement sur les points suivants :

- résultats de la production actuelle ;
- questions environnementales ;
- volume potentiel des exportations ;
- conséquences de l'augmentation de la production en vue d'une exportation en matière d'énergie, d'environnement et de performances économiques ;
- commerce et obstacles aux échanges.

Dans son document, M. de Almeida analyse de manière approfondie les performances de l'éthanol et du biocarburant brésiliens ; il s'intéresse notamment au bilan énergétique et à celui des émissions de CO₂, à l'évaluation quantitative des subventions, et aux conséquences directes et indirectes de la production de biocarburants sur l'environnement. Le débat porte principalement sur l'éthanol, ce qui illustre l'importance relative de l'éthanol et des biocarburants au Brésil.

D'après les études les plus complètes menées sur l'éthanol au Brésil, sous la conduite de M. de Macedo, l'éthanol dérivé de la canne à sucre permet une diminution des GES de 30 à 80 pour cent par rapport à l'essence, suivant le degré d'efficacité de la production de matières premières et du fonctionnement des usines (les performances se situent d'ailleurs, la plupart du temps, dans la partie supérieure de la fourchette). Ayant examiné attentivement les publications consacrées à ce sujet, M. Almeida peut confirmer que l'éthanol brésilien donne de meilleurs résultats, sans toutefois être en mesure d'évaluer l'ensemble des incertitudes évoquées précédemment concernant ces estimations. L'éthanol brésilien présente les avantages suivants :

- le sucre est une matière de base plus intéressante que l'amidon (de céréale), ce dernier devant d'abord être broyé dans du sucre avec des enzymes avant de fermenter, ce qui nécessite de la chaleur ;
- l'utilisation de la bagasse (résidu de canne à sucre) pour produire de la chaleur et de l'électricité industrielles permet d'éviter l'emploi de carburants fossiles ;
- la cogénération d'un surplus d'électricité, qui sera ensuite vendu au réseau, améliore à la fois les bilans financier et énergétique ;
- quelques-uns au moins des sols utilisés pour la culture de la canne à sucre au Brésil sont pauvres en matières organiques et libèrent peu de N₂O et de CO₂ pendant leur exploitation ;
- les plantations de canne à sucre sont rarement irriguées au Brésil, ce qui réduit la nécessité de pomper de l'eau et, partant, allège la pression sur les ressources aquifères ;
- la main-d'œuvre agricole est bon marché, ce qui facilite les bonnes performances financières ;
- la poursuite de recherches financées par l'État dans le domaine de la sélection des plantes a amélioré le rendement de façon sensible, une tendance qui devrait se poursuivre.

Le prix de l'éthanol a toujours été étroitement lié à celui du sucre, en raison de la facilité avec laquelle les producteurs peuvent passer de l'un à l'autre. Toutefois, les augmentations du prix du pétrole tirent vers le haut celui de l'éthanol, car les deux sont de plus en plus liés.

Peu de documents traitent des effets indirects potentiels que la culture de la canne à sucre, dont l'expansion entraîne la délocalisation de certaines cultures, peut avoir sur les émissions de GES. Ces effets sont probablement bien réels, du fait des interconnexions entre les marchés fonciers. Le développement des plantations de canne à sucre sur des terres précédemment réservées à d'autres cultures instaurera une pression en faveur d'une production plus intensive de ces plantes ou de leur culture sur des terres vierges en d'autres endroits du monde si la demande reste inchangée.

Plusieurs facteurs viennent compliquer la situation. Les nouvelles plantations de canne à sucre au Brésil se substituent à l'élevage intensif de bétail, associé à une érosion généralisée des sols. Dans ces conditions, remplacer le bétail par la canne à sucre pourrait réduire les pertes de carbone stocké dans le sol. Autour de Sao Paulo, au cœur même du pays de la canne à sucre, l'élevage se fait parfois à l'intérieur pour permettre à cette culture de s'étendre. Or, les émissions de GES causées par les animaux nourris en étable peuvent, suivant le type de nourriture utilisé, être bien supérieures à celles de troupeaux paissant en liberté. L'impact global du développement de la culture de la canne à sucre

sur les GES reste difficile à déterminer. Il est également possible que certains élevages aient été déplacés vers le Nord, où ils empiètent sur la forêt tropicale. Le principal responsable de la déforestation en Amazonie est l'exploitation du bois, dont la valeur marchande est très élevée. L'élevage, en revanche, rapporte très peu – environ 100 USD par hectare et par an – et s'installe simplement dans les régions dont les ressources en bois ont déjà été exploitées, légalement ou non.

Le lien entre déforestation et production de biocarburants est peut-être plus marqué dans le cas du soja, dont la culture est mieux adaptée aux conditions prévalant dans le Nord du pays et s'étend sur de très vastes superficies. La production de soja a connu un développement rapide ces dernières années en raison d'une demande croissante au plan international. Son expansion n'est pas sans rappeler le développement initial des plantations de canne à sucre, cause d'une déforestation massive voici quelques siècles. Certes, le Gouvernement brésilien a adopté des lois visant à protéger la forêt tropicale amazonienne, mais il est difficile d'en assurer l'application sur les territoires du Nord, vastes et peu peuplés.

Les aides à la production de biocarburants au Brésil avaient au départ pour objectif de fournir des emplois à la main-d'œuvre non qualifiée des zones rurales et de lutter contre la pollution de l'air dans ces régions. (L'éthanol améliore l'indice d'octane dans l'essence sans plomb, ainsi que l'oxygénation des carburants, afin de limiter les émissions de monoxyde de carbone). Bien que la mécanisation des activités réduise peu à peu les possibilités d'emploi dans les plantations de canne à sucre, ce secteur fournit tout de même un million d'emplois, mieux rémunérés que la moyenne des emplois ruraux. Le soutien à la production de biodiesel obéit à des motivations similaires. Le premier objectif consiste à favoriser le développement rural en encourageant une production à petite échelle dans les régions pauvres. Par ailleurs, le biodiesel ne contenant pas de soufre, il peut être mélangé à du diesel conventionnel, afin de réduire les émissions de dioxyde de soufre et de particules, à l'origine des grands problèmes de santé liés à l'environnement que connaissent les principales villes brésiliennes. Aucune analyse n'a cependant cherché à déterminer si les aides aux biocarburants aident efficacement le développement rural.

6.1. Commerce de biocarburants

Le débat sur le commerce des biocarburants a fait suite à un court exposé de Ron Steenblik, qui a jugé importante la distinction entre le traitement commercial du biodiesel et celui de l'éthanol. L'Organisation mondiale des douanes classe le biodiesel dans la catégorie des produits chimiques, ce qui lui permet de bénéficier de tarifs douaniers peu élevés. L'éthanol, par contre, est considéré par l'Organisation comme un produit agricole au même titre que la plupart des ingrédients entrant dans la composition de boissons, ce qui l'expose à des droits de douane nettement supérieurs. Les taxes à l'importation varient considérablement entre les différents pays de l'OCDE, de 6 pour cent au Canada à 51 pour cent en Australie (base *ad valorem*). Les États-Unis et l'Union Européenne prélèvent des droits représentant respectivement 23 pour cent et 38 pour cent de la valeur des marchandises. Lors des négociations tenues dans le cadre de l'OMC sur l'accès aux marchés des produits agricoles, la diplomatie commerciale relative aux produits compatibles avec la protection de l'environnement n'a porté que sur le biodiesel ; or, ce dernier ne figure plus désormais sur la liste de tels produits. Les négociateurs sont peu enclins à aborder la question de l'éthanol, convaincus que les demandes se multiplieraient inévitablement en vue de faire bénéficier de nombreux produits agricoles d'un traitement spécial.

Les possibilités d'exportation de l'éthanol brésilien sont fortement limitées par les politiques en matière de taxes douanières. Les deux milliards de litres que le Brésil expédie chaque année vers les États-Unis passent, pour l'essentiel, par les pays d'Amérique centrale et des Caraïbes, afin de bénéficier de l'accord conclu au titre de l'Initiative de la zone des Caraïbes. Un développement important nécessiterait la négociation de tarifs favorables. Certains ont émis l'avis que l'éthanol pourrait contribuer à susciter la réouverture des négociations de l'OMC, actuellement au point mort, mais aucun pays ne semble prêt à modifier sa position actuelle.

7. CERTIFICATION – POSSIBILITÉ DE LIER LES POLITIQUES DE SOUTIEN AUX PERFORMANCES

Des programmes de certification ont été élaborés pour différents produits agricoles et forestiers, afin de distinguer ceux qui respectent un certain nombre de normes environnementales de ceux qui ne le font pas. L'étiquetage des produits alimentaires bio est un exemple fréquemment cité. Certains de ces programmes sont mis en œuvre par les pouvoirs publics, d'autres par des associations de consommateurs ou de producteurs. Tous ont pour but d'instaurer la confiance dans la fiabilité de la caution qu'ils fournissent. Il faut pour cela un système d'assurance de qualité qui définisse les normes à respecter, procède à des inspections dans les exploitations et les usines afin de vérifier la conformité aux normes, et accrédite un certain nombre d'organismes indépendants qui pourront délivrer des certificats attestant que les producteurs concernés satisfont aux critères. La confiance dans l'intégrité de ce système pourra s'appuyer sur le contrôle du Gouvernement, l'engagement de groupes de défense de l'environnement et la mise à disposition du public de rapports sur les inspections et la définition des normes.

Le débat sur la certification l'évaluation des biocarburants a été précédé d'un résumé de la situation en Californie, présenté par M. Alex Farrell, et d'un exposé détaillé de M. Jeremy Woods, de l'Imperial College de Londres, qui a abordé les aspects suivants :

- conception des programmes de certification et d'assurance ;
- impacts sur l'environnement de la culture de la biomasse ;
- programmes nationaux et internationaux de certification ;
- faisabilité et rapport coût-efficacité des audits et inspections.

Les deux interventions ont souligné l'extrême diversité des performances, en termes d'émissions de GES, des différents modes de production de biocarburants. Quelque 130 combinaisons en matière de base à des traitements ont été évaluées à ce jour. Pour n'en citer qu'une, à savoir la production d'éthanol à partir du blé, les recherches révèlent des écarts considérables dans les résultats : de 80 pour cent de réduction des GES par rapport à l'essence à des émissions plus importantes, pour l'ensemble du cycle de vie.

Comme indiqué précédemment, on comprend très mal le rôle du carbone piégé dans la terre. Cela vaut aussi bien pour la teneur en carbone des écosystèmes naturels par comparaison avec les sols cultivés (par exemple : lorsque des tourbières sont nettoyées ou des marécages asséchés pour laisser la place à des cultures transformables en biocarburants) que pour l'impact des différentes techniques

agricoles sur cette teneur en carbone. Il ressort des travaux menés que de bonnes pratiques agricoles peuvent conduire à augmenter la quantité de carbone présente dans les matières organiques, parfois même lorsque les terres concernées sont des pâturages ou des zones de savane. A l'inverse, des méthodes médiocres peuvent entraîner des émissions de GES considérables et des pertes de carbone dans les sols. Ce sont actuellement les pratiques préjudiciables qui dominent, mais les contrôles aux fins de certification sont coûteux. Dans le même temps, la production de biocarburants ne représente à ce jour qu'un mode d'exploitation de la terre parmi d'autres. A mesure que l'on connaîtra mieux les effets du carbone contenu dans les sols sur les émissions de GES, il faudra revoir également les estimations concernant les émissions dues à d'autres formes d'utilisation de la terre.

Le processus de certification est difficile, surtout en raison de l'effort nécessaire à l'obtention d'un consensus sur les méthodologies employées et la validité des résultats.

Malgré les difficultés et les lacunes constatées dans le domaine de la recherche, la certification est essentielle pour que les subventions et les objectifs quantitatifs en matière de biocarburants soient maintenus. Sans elle, les objectifs risqueraient de souffrir d'un nivellement par le bas : il s'agirait alors de produire davantage pour un coût et un investissement en biens d'équipement réduits au minimum, ce qui se traduit généralement par des émissions de GES très élevées. Le premier rôle de la certification consiste à enrayer cette tendance.

Face aux objectifs de l'Union Européenne concernant les biocarburants, le Gouvernement britannique introduira dès avril 2008 l'Obligation d'utilisation de carburants tirés de sources renouvelables (*Renewable Transport Fuel Obligation* - RTFO), aux termes de laquelle les fournisseurs de carburants devront remettre à l'Administrateur du programme des rapports mensuels sur les teneurs en carbone et la durabilité. Ces rapports indiqueront le type et le volume de biocarburant fourni, en précisant la matière de base, les normes environnementales et sociales éventuellement prises en compte pour la culture de cette matière de base, les modifications qui auront pu intervenir dans l'utilisation des sols et l'intensité carbonique du biocarburant en cause. Certains objectifs définissent le niveau de performance que les pouvoirs publics attendent des fournisseurs, mais aucune pénalité ni sanction ne sera appliquée s'il n'est pas respecté. Les entreprises présenteront chaque année un rapport résumant ces informations, qui sera mis à la disposition du public. L'Administrateur publiera lui aussi un rapport annuel évaluant les performances de chaque fournisseur par rapport aux objectifs.

La société E4tech élabore actuellement des orientations techniques, qui donneront aux fournisseurs les informations et les instructions dont ils ont besoin pour être en mesure de se conformer à ces exigences. Les changements directs d'affectation des terres sont pris en compte dans les calculs sur la teneur en carbone ; quant aux changements indirects, qui n'interviennent pas dans le calcul de l'intensité carbonique « du puits à la roue », l'Administrateur en évaluera l'impact potentiel a posteriori et rendra compte au Parlement.

En juin, le Gouvernement britannique a annoncé son intention d'adopter, à compter de 2010, un programme de « récompense » fondé sur les performances des carburants en matière de GES : seuls les biocarburants satisfaisant à des normes de durabilité bien précises pourront bénéficier de mesures d'incitation dès 2011. Les propositions concernant l'adoption d'une RTFO obligatoire mettant l'accent sur l'intensité carbonique, avec des normes minimales en matière de durabilité, suscitent un certain nombre de réserves. Les changements doivent être : compatibles avec les règles de l'Organisation Mondiale du Commerce et les exigences de l'Union Européenne en matière de normes techniques, conformes au cadre d'orientation que la Commission Européenne élabore actuellement dans le contexte de la révision de la Directive sur les biocarburants, soumis à des consultations sur les impacts

économiques et environnementaux et liés à la mise en place appropriée de normes de durabilité concernant les matières de base. La structure du programme devra également tenir compte des propositions formulées dans la Directive sur la qualité des carburants.

Les Pays-Bas ont prévu la mise en place en 2008 d'un système de compte rendu similaire à celui du Royaume-Uni. Des orientations techniques sont en cours d'élaboration (chez Ecofys), aussi proches que possible de celles adoptées par le Royaume-Uni.

Les autorités allemandes ont prévu d'introduire la certification en juin 2007. Bien que retardée, celle-ci devrait être obligatoire sans qu'il soit nécessaire de passer par une longue période de transition durant laquelle les comptes rendus seraient facultatifs. L'Allemagne envisage l'organisation d'ateliers en Asie et en Amérique du Sud, afin de rallier à la cause de la certification les ONG et les collectivités locales, ainsi que les pouvoirs publics et les producteurs de biocarburants.

Plusieurs accords volontaires entre producteurs et ONG environnementales ont permis d'améliorer les méthodes employées pour la production d'huile de palme dans les plantations adultes. Toutefois, ces programmes ont peu de chances d'empêcher efficacement les destructions de forêt vierge au bénéfice de nouvelles plantations destinées à la production d'huile de palme. Les systèmes de certification sont conçus de manière à influencer sur la chaîne d'approvisionnement ; ils ne sont donc guère en mesure de modifier les effets directement liés à la production des matières de base des biocarburants. Bien que la politique de l'Allemagne consiste à ne pas accorder ces certificats aux carburants produits dans des régions répertoriées comme protégées, l'efficacité de sa mise en œuvre reste à déterminer.

La Californie a entrepris d'élaborer une politique visant à réduire l'intensité carbonique des carburants utilisés dans les transports, qui pourrait lier étroitement le soutien aux biocarburants utilisés dans cet État et les émissions de GES (Brandt *et al.* 2007 ; Arons *et al.* 2007). Cette politique exigera la réduction progressive du volume net des émissions de GES (en grammes d'équivalent CO₂ par mégajoule) dues aux carburants de transport distribués en Californie. S'il est vrai que d'autres sources d'énergie – par exemple : l'électricité – seront sur les rangs pour satisfaire à cette norme, son impact sur les biocarburants se fera fortement sentir, en partie du fait que l'essence californienne contient déjà quelque 6 pour cent d'éthanol.

La Commission Européenne a proposé un instrument similaire, afin de réduire l'intensité carbonique des carburants de transport, avec un projet de Directive actuellement soumis à l'examen du Conseil Européen et du Parlement Européen. S'il est adopté, ce texte pourrait remplacer les objectifs volumétriques actuels concernant les biocarburants. La Commission s'emploie à définir un cadre pour la certification des carburants, qui sera indispensable à la mise en œuvre d'une réglementation sur l'intensité carbonique.

Il est important de parvenir à un consensus international sur les méthodes de calcul des GES et les normes de production durable pour que le processus de certification puisse peser sur les modes de production des carburants d'importation et ne se limite pas à la fonction de barrière douanière. En outre, les répercussions des différentes techniques agricoles étant relativement mal connues, les critères de durabilité doivent être élaborés avec des experts locaux et non pas simplement transposés à partir des pratiques en vigueur dans d'autres régions. Au vu des coûts de transaction, on peut supposer que, sans mesures complémentaires, les petits exploitants auront plus de mal à approvisionner le marché en raison des contraintes de la certification.

Il a été souligné que l'un des inconvénients possibles des systèmes de certification tenait au fait que, dès lors qu'un producteur remplit les conditions nécessaires, aucun autre incitatif ne l'encourage à améliorer ses performances. Il faut donc que les aides accordées aux carburants certifiés soient liées à une évaluation des émissions de GES pour l'ensemble du cycle de vie, avec les coûts qu'un tel suivi suppose.

Pour résumer, les aspects suivants doivent être abordés lors de l'élaboration des systèmes de certification :

- nécessité d'un accord sur les limites de l'analyse pour le cycle de vie et sur l'approche à adopter pour faire face aux changements d'utilisation des sols ;
- nécessité de recherches plus poussées sur la teneur des sols en carbone et sur les émissions de N₂O découlant des activités agricoles, afin de limiter les incertitudes scientifiques dans les analyses portant sur le cycle de vie des carburants ;
- nécessité de limiter au maximum l'utilisation de la certification comme barrière aux importations en provenance de pays à faible revenu.

Le coût des différents volets -- certification des processus de production et des pratiques agricoles, contrôles relatifs au respect des normes et recherche d'un consensus entre les parties prenantes quant à l'équité et à l'efficacité de la certification -- ne sont pas anodins et doivent être maîtrisés. L'argument commercial plaide néanmoins sérieusement en faveur d'un processus de certification capable de réduire le risque de voir les subventions encourager la production de matières de base préjudiciables à l'environnement, et de promouvoir la production de biocarburants en fonction des quantités de GES effectivement non émises. Cela est particulièrement vrai pour les pouvoirs publics, tant que le marché des biocarburants continue de dépendre en quasi-totalité des subventions publiques.

8. PRODUCTION DE BIOCARBURANTS : PERSPECTIVES

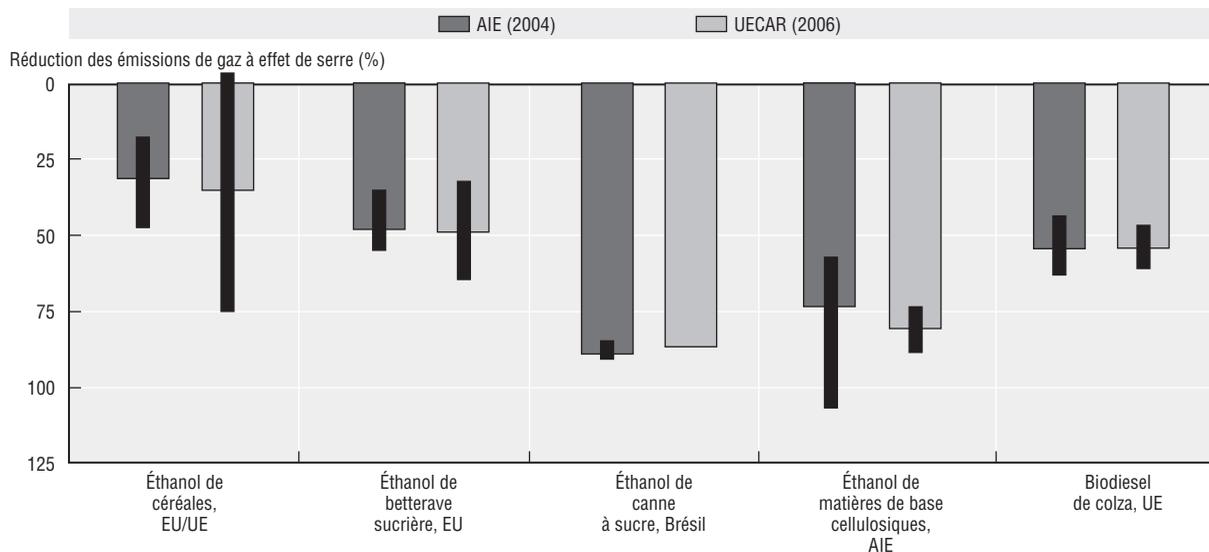
Il ressort des discussions tenues lors de la Table Ronde qu'il n'est guère réaliste de supposer que la production de biocarburants se développera au point de représenter une grande part des approvisionnements en énergie. Par exemple, la projection de l'Université du Texas, selon laquelle les carburants solides et liquides issus de la biomasse couvriraient 25 pour cent des besoins énergétiques des États-Unis d'ici à 2025, exigerait de remplacer par des plantes transformables en biocarburants 50 pour cent de la production totale d'écosystèmes du pays (écosystèmes naturels, mais aussi cultures vivrières et textiles).

Le quatrième rapport d'évaluation (2007) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) concernant les politiques visant à atténuer les changements climatiques entrevoit la possibilité que les biocarburants issus de cultures et de déchets remplacent de 5 à 10 pour cent des carburants utilisés dans les transports routiers d'ici à 2030, le potentiel de réduction nette des émissions de GES allant de 0.6 à 1.5 milliard de tonnes d'équivalent CO₂, et le prix du carbone

pouvant atteindre 25 USD/tonne d'éq. CO₂. Ces projections se fondent sur des évaluations de l'AIE, de l'EUCAR-CONCAWE-JRC (Figure 6), de General Motors-Argonne General Laboratory (GM-ANL) et de Toyota (voir références).

Au vu des incertitudes énoncées lors de la Table Ronde à propos des estimations du potentiel de réduction des émissions de GES, les prévisions du GIEC doivent être accueillies avec circonspection. Le Groupe d'experts suppose que la production de biocarburants évoluera considérablement, mais les chiffres figurant dans les études examinées par Farrell *et al.* concernant la production d'éthanol de maïs semblent indiquer que des modifications plus radicales seraient nécessaires, avec notamment l'abandon des matières de base actuelles, qui exigent beaucoup de terres, comme le maïs et le blé.

Figure 6. **Réduction des émissions de gaz à effet de serre causées par les biocarburants, du puits à la roue, par rapport aux véhicules utilisant des carburants conventionnels**



Source : IPCC 2007.

A supposer que l'hypothèse du GIEC (biocarburants capables de rivaliser avec le pétrole en 2030) se vérifie, le débat consacré aux aspects économiques des biocarburants lors de la Table Ronde laisse entendre que des milliards de dollars de subventions seront versés dans l'intervalle pour encourager la production de biocarburants, afin d'atteindre les objectifs fixés par l'Union Européenne et les États-Unis, à savoir : couvrir 10 pour cent de la consommation de carburant du secteur des transports avant 2020. Seules de très petites quantités de biocarburants sont actuellement produites sans aide ; et même le secteur le plus performant dans le domaine des biocarburants, la production d'éthanol de canne à sucre au Brésil, a besoin chaque année d'environ 1 milliard d'USD par le biais d'exonérations de droits d'accise et de TVA.

NOTES

1. Le Conseil Européen a entériné cette proposition, sous réserve que soient élaborées des normes de durabilité, que les biocarburants de deuxième génération deviennent commercialisables et que la Directive sur la qualité des carburants soit modifiée de façon à permettre des taux d'incorporation adéquats.
2. Tout récemment, certains producteurs européens d'éthanol ont introduit la technologie de la membrane semi-perméable en remplacement de la distillation, avec à la clé d'importantes économies d'énergie.
3. Sont prises en compte les différentes aides fournies par l'Administration fédérale et par les États : taxes à l'importation, allègement des droits d'accise en fonction du volume de production, exemption de droits d'accise dans certains États, crédits d'impôt sur les sociétés, subventions d'investissement, etc.
4. Le brûlage facilite la récolte et nettoie les champs des serpents et autres animaux nuisibles.

RÉFÉRENCES

Ahring, B. (2007), *Biocarburants durables pour le secteur des transports*, in: Forum International des Transports, Biocarburants : Lier les politiques de soutien aux bilans énergétiques et environnementaux, Table Ronde 138, OCDE/FIT, Paris.

De Almeida, E. (2007), *Performances des biocarburants brésiliens : Analyse économique, environnementale et sociale*, in: Forum International des Transports, Biocarburants : Lier les politiques de soutien aux bilans énergétiques et environnementaux, Table Ronde 138, OCDE/FIT, Paris.

Arons *et al.* 2007. *A Low-Carbon Fuel Standard for California Part 2: Policy Analysis*, A. R. Brandt, A. Eggert, A. E. Farrell, B. K. Haya, J. Hughes, B. Jenkins, A. D. Jones, D. M. Kammen, C. R. Knittel, M. Melaina, M. O'Hare, R. Plevin, D. Sperling, Office of the Governor / Air Resources Board, 2007 www.energy.ca.gov/low_carbon_fuel_standard/

Brandt *et al.* 2007. *A Low-Carbon Fuel Standard for California Part 1: Technical Analysis*, S. R. Arons, A. R. Brandt, M. Delucchi, A. Eggert, A. E. Farrell, B. K. Haya, J. Hughes, B. Jenkins, A. D. Jones, D. M. Kammen, C. R. Knittel, D. M. Lemoine, E. W. Martin, M. Melaina, J. M. Ogden, R. Plevin, D. Sperling, B. T. Turner, R. B. Williams, et C. Yang, Office of the Governor / Air Resources Board, 2007. www.energy.ca.gov/low_carbon_fuel_standard/ .

Delucchi 2006. *Lifecycle Analysis of Biofuels*. Delucchi, Mark A. ITS-Davis. Mai 2006. Projet de manuscrit. Publication No. UCD-ITS-RR-06-08. www.its.ucdavis.edu/people/faculty/delucchi.

De Oliveira. *Ethanol as Fuel: Energy, Carbon Dioxide Balances and Ecological Footprint*, Marcelo E. Dias de Oliveira, Buron E. Vaughan and Edward J. Rykiel Jr., Bioscience 55(7), 2005.

EUCAR/CONCAWE/JRC 2006. *Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context*, www.jrc.ec.europa.eu/wtw .

Farrell *et al.* 2006. *Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals*, Alexander E. Farrell, Richard J. Plevin, Brian T. Turner, Andrew D. Jones, Michael O'Hare, Daniel M. Kammen, Science, Vol. 311 no. 5760, 27 janvier 2006.

GM/ANL 2005. *Well-to-Wheels Analysis of Advanced Fuel / Vehicle Systems: A North American Study of Energy Use, Greenhouse gas emissions and Criteria Pollutant Emissions* www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/339.pdf .

Graboski *Fossil Energy Use in the Manufacture of Corn Ethanol*, Michael S. Graboski, Colorado School of Mines, prepared for the National Corn Growers Association, 2002.

AIE 2004. *Biocarburants pour le transport : une perspective internationale*, Agence Internationale de l'Énergie, Paris.

GIEC 2007. *Bilan 2001 des changements climatiques : mesures d'atténuation*. Contribution du Groupe de travail III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis.

Jones 2007. *Biofuel Boundaries: Estimating the Medium-Term Supply Potential of Domestic Biofuels*, Andrew D. Jones, University of California Berkeley. Transportation Sustainability Research Center Working paper UCB-ITS-TRSRC-RR-2007-4, août 2007.

Kammen, Daniel M., Alexander E. Farrell, Richard J. Plevin, Andrew D. Jones, Gregory F. Nemet et Mark A. Delucchi (2007), *Impact énergétique des biocarburants et incidences sur l'effet de serre : un cadre d'analyse*, in: Forum International des Transports, Biocarburants : Lier les politiques de soutien aux bilans énergétiques et environnementaux, Table Ronde 138, OCDE/FIT,

Koplow 2007. *Biofuels - At What Cost? Government support for ethanol and biodiesel in the United States 2007 Update*, Doug Koplow (Earth Track), Global Subsidies Initiative, Institut international du développement durable, Genève, à paraître.

Kutas *et al.* 2007. *Biofuels - At what cost? Government support for ethanol and biodiesel in the European Union*, Geraldine Kutas, Carina Lindberg et Ronald Steenblik, Global Subsidies Initiative, Institut international du développement durable, Genève, à paraître.

Patzek. *Thermodynamics of the Corn-Ethanol Biofuel Cycle*, T.W. Patzek, Critical Reviews in Plant Sciences, 23(6), 2004.

Patzek 2007. *A First-Law Thermodynamic Analysis of the Corn-Ethanol Cycle*, Tad W. Patzek, Natural Resources Research, Vol. 15, No. 4, 255-270, 2007.

Patzek 2007a. *Earth, Humans and Energy*, Tad W. Patzek, 2007, University of California Berkeley, à paraître.

Pimentel. *Ethanol Production Using Corn, Switchgrass and Wood; Biodiesel production Using Soybean and Sunflower*, David Pimentel et Tad W. Patzek, Natural Resource Research, 14(1), 2005.

Shapouri. *The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update*, Hosein Shapouri, James A. Duffield and Michael Wang, Ministère de l'Agriculture des États-Unis, Agricultural Economic Report No. 814, 2002.

Steenblik, R. (2007), *Aides : Distorsion du bilan économique des biocarburants*, in: Forum International des Transports, Biocarburants : Lier les politiques de soutien aux bilans énergétiques et environnementaux, Table Ronde 138, OCDE/FIT, Paris.

Toyota 2004. *Well-to-Wheel Analysis of Greenhouse gas emissions of Automotive Fuels in the Japanese Context*, Mizuho, Tokyo.

Tyner 2007. *US Ethanol Policy*, W. Tyner, Purdue University, 2007.

Wang. *The Greenhouse gases, regulated Emissions, and Energy Use in Transportation (GREET) Model, version 1.6*, Michael Wang, Transportation Technology R&D Centre, Argonne National Laboratory.

Woods, J. et R. Diaz-Chavez (2007), Certification environnementale *des biocarburants*, in: Forum International des Transports, Biocarburants : Lier les politiques de soutien aux bilans énergétiques et environnementaux, Table Ronde 138, OCDE/FIT, Paris.

Zah *et al.* 2007. *Ecobilan d'agents énergétiques : évaluation écologique de biocarburants*, Rainer Zah, Heinz Böni, Marcel Gauch, Roland Hirschler, Martin Lehmann et Patrick Wäger, Empa, Division Technologie et société, St-Gall, Suisse.

RAPPORTS INTRODUCTIFS

**IMPACT ÉNERGÉTIQUE DES BIOCARBURANTS ET INCIDENCES
SUR L'EFFET DE SERRE : UN CADRE D'ANALYSE**

**Daniel M. KAMMEN^{1,2*}, Alexander E. FARRELL¹,
Richard J. PLEVIN¹, Andrew D. JONES¹,
Gregory F. NEMET^{3,4} et Mark A. DELUCCHI⁵**

¹ Energy & Resources Group
² Goldman School of Public Policy
Université de Californie, BERKELEY

³ Gaylord Nelson Institute of Environmental Studies
⁴ LaFollette School of Public Affairs
Université du Wisconsin à MADISON

⁵ Institute of Transportation Studies
Université de Californie, DAVIS

ÉTATS-UNIS

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	49
1. INTRODUCTION	49
2. LA PRODUCTION DE BIOCARBURANT	52
2.1. Analyse du cycle de vie.....	54
2.2. Limites des méthodes et des instruments d'ACV actuels	55
2.3. Approches analytiques de la modélisation du changement d'affectation des terres	58
3. EFFETS DU CHANGEMENT D'AFFECTION DES TERRES : UN CADRE PRÉLIMINAIRE	62
4. COMPARAISON DES ANALYSES RÉCENTES SUR LES BIOCARBURANTS	65
5. DÉVELOPPEMENT DU MARCHÉ DES BIOCARBURANTS	69
6. LES BÉNÉFICES DE LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT : EXEMPLES D'INITIATIVES PRÉCÉDENTES.....	71
7. CONCLUSION	75
NOTES	77
RÉFÉRENCES	78

Berkeley, Davis, Madison (révisé), septembre 2007

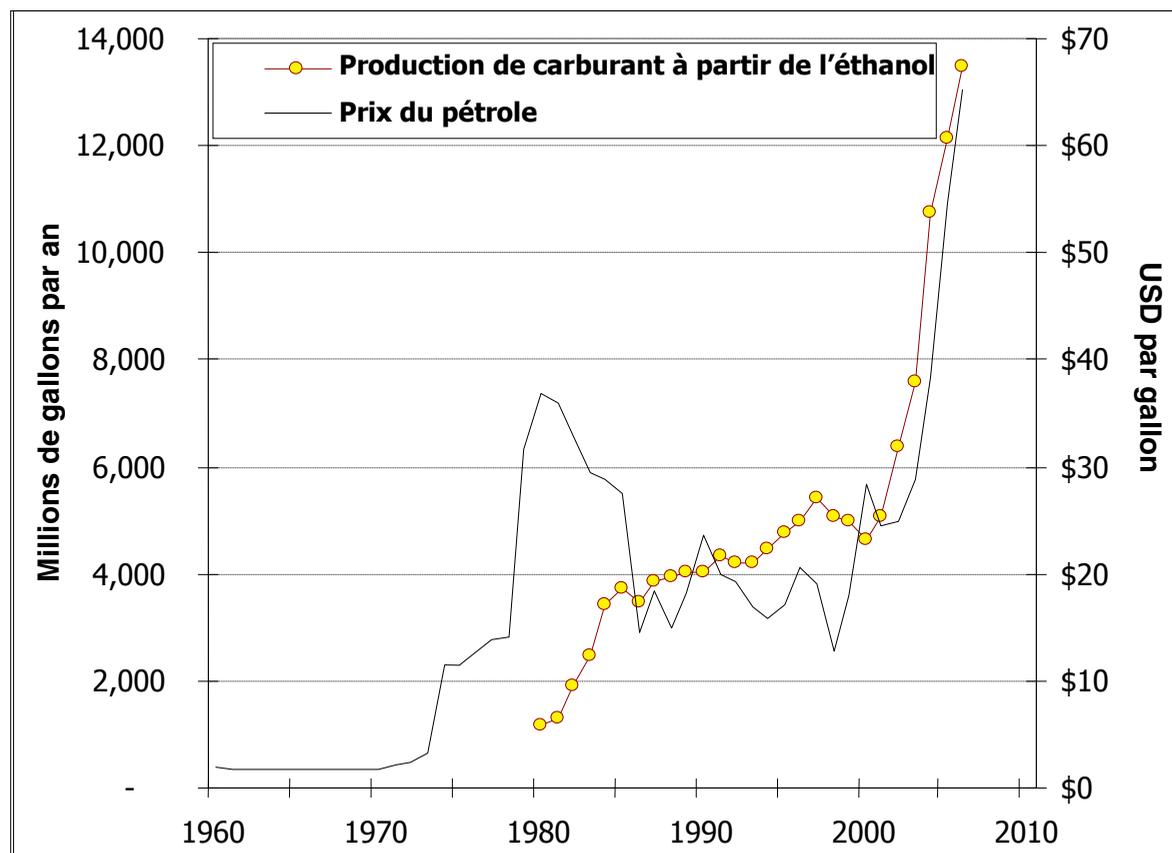
RÉSUMÉ

Ce document présente un examen des questions liées au bilan énergétique classique et à l'impact sur le changement climatique des biocarburants. En ce qui concerne, d'une part, les bilans énergétiques classiques et les bilans des émissions de gaz à effet de serre de la production et de l'utilisation d'une gamme de combustibles et, d'autre part, les questions importantes et de plus en plus controversées liées aux incidences autres que les gaz à effet de serre, notamment sur l'utilisation des terres, les engrais et l'eau, il est à notre avis nécessaire d'améliorer le cadre d'analyse et d'évaluation des biocarburants. Des nouvelles méthodologies et de nouveaux ensembles de données sont en effet indispensables pour examiner les aspects tant physiques que socio-économiques du cycle de vie des biocarburants. Certains composants susceptibles d'être utilisés pour construire cette méthodologie sont présentés en détail et les principaux domaines pour la recherche future sont mis en évidence. Enfin, nous examinons l'historique et les effets potentiels de la création d'une base de ressources pour la recherche sur les biocarburants ainsi que certains impacts sur l'utilisation des terres et sur les aspects socio-économiques des différentes filières de production de matières de base pour les carburants.

1. INTRODUCTION

Le secteur mondial de la production de biocarburants – carburants liquides pour le transport produits à partir de la biomasse et remplaçant les combustibles issus du pétrole – est en progression rapide. La montée en flèche de la production de biocarburants est déterminée par les normes obligatoires imposées par l'État, par la réglementation et les subventions ainsi que par les prix élevés du pétrole. La production de biocarburants est globalement dominée par l'éthanol, le Brésil et les États-Unis assurant chacun un tiers de la production mondiale totale. La production commerciale d'ester méthylique d'huiles végétales (EMHV, souvent identifié simplement sous le nom de biodiesel) n'a commencé qu'après 1990 et vient se placer après la production d'éthanol par ordre de grandeur. La Figure 1 illustre la croissance du secteur des biocarburants modernes, en soulignant son évolution rapide à la suite des chocs pétroliers de 1973 et de 1979 ainsi que les changements spectaculaires qui ont eu lieu lorsque le prix du pétrole a dépassé 25 USD le baril.

Figure 1. Production mondiale d'éthanol et prix du pétrole



Sources : Les prix du pétrole sont issus de BP, 2007 (www.bp.com) ; la production d'éthanol est fournie par la *Renewable Fuels Association* (www.ethanolrfa.org) qui cite l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) comme source des données. En ce qui concerne la production d'éthanol, la série de données chronologiques (1980-2004) n'est pas alignée sur les données relatives aux années plus récentes, qui indiquent des valeurs inférieures pour les années où les chiffres se recoupent. Les chiffres les plus récents sont indiqués ici pour la période 2004-2006.

Les politiques des pouvoirs publics visant à promouvoir les biocarburants s'appuient sur trois motivations communes : 1) fournir un soutien à l'agriculture ; 2) réduire les importations de pétrole ; 3) améliorer la qualité de l'environnement (notamment par la prévention du réchauffement climatique dû aux émissions de dioxyde de carbone). Dans la pratique cependant, les politiques actuelles sur les biocarburants tendent à agir surtout directement comme mécanismes de soutien à l'agriculture, en s'appuyant sur des mesures telles que les normes obligatoires ou l'octroi de subventions sur la consommation de biocarburants. En revanche, les impacts des biocarburants sur l'environnement ne sont souvent pas mesurés, pas plus qu'ils ne sont utilisés pour déterminer les incitations financières ou orienter les pouvoirs publics dans l'élaboration des réglementations. En outre, les matières de base actuellement utilisées pour la production de biocarburants sont des produits agricoles relativement courants (par exemple le maïs et le soja) et les processus actuels de production de biocarburant datent

déjà de plusieurs années. La maximisation du rendement d'un certain nombre de cultures de base implique un apport élevé de carburants fossiles, ce qui vient compliquer davantage la combinaison d'éléments à la base des programmes de soutien à la production de biocarburants. Il est donc peu prudent d'ignorer les effets différentiels des biocarburants sur l'environnement et ce, pour plusieurs raisons.

Premièrement, le secteur des biocarburants est en rapide évolution et se révèle très rentable, surtout à cause des prix mondiaux élevés du pétrole. Des politiques visant à imposer des normes, à subventionner ou à promouvoir sous d'autres formes les biocarburants sont actuellement mises en œuvre, et davantage sont encore proposées. Étant donné les investissements massifs dans la recherche et le capital qui continuent à affluer dans le secteur des biocarburants, le moment est venu de procéder à une évaluation attentive des types et de l'ampleur des mesures incitatives susceptibles d'être employées pour obtenir des performances environnementales élevées. Engager ce processus d'analyse permet de récompenser les efforts en faveur des biocarburants renouvelables et d'éviter le risque, bien réel, de voir l'économie grevée de coûts résultant des engagements pris au titre de précédents investissements peu clairvoyants.

Deuxièmement, les biocarburants sont actuellement proposés, et souvent présentés, comme une solution aux problèmes environnementaux, notamment le changement climatique. Cependant, suivant la façon dont ils sont produits ou cultivés, transformés et ensuite utilisés, les biocarburants peuvent avoir un impact environnemental positif ou négatif par rapport à l'essence (Farrell *et al.* 2006). Par exemple, l'éthanol extrait du maïs, s'il est distillé dans une installation alimentée au charbon bois, peut être responsable d'émissions de gaz à effet de serre plus nocives que celles de l'essence (sauf si l'usine au charbon produit des émissions non négligeables d'oxydes de soufre (SO_x), qui ont un effet refroidissant considérable), tandis que l'éthanol cellulosique obtenu en utilisant la fraction non fermentescible de la lignine pour produire la chaleur de procédé ou, mieux encore, produit dans des distilleries alimentées à l'énergie solaire ou éolienne, peut se révéler nettement supérieur à l'essence (sauf si les matières de base de la biomasse finissent par remplacer les zones humides et les forêts tropicales) (Tuner, Plevin *et al.*, 2007). Afin d'opérer une distinction entre ces différents cas et la pléthore d'autres filières de production de matières de base pour les carburants, des normes claires, des principes directeurs et des modèles sont indispensables.

Troisièmement, nombre de nouveaux combustibles, de matières de base et de technologies de transformation sont en train de naître et une multitude d'autres sont à l'étude ou font l'objet de recherches actives (voir par exemple Lotero, Liu *et al.* 2005 ; Kalogo, Habibi *et al.* 2006 ; Kilman 2006 ; Lewandowski et Schmidt 2006 ; Mohan, Pittman *et al.* 2006 ; Tilman, Hill *et al.* 2006 ; Demirbas 2007 ; Gray 2007 ; Stephanopoulos 2007). Ces technologies sont développées comme des technologies de biocarburants proprement dites : il ne s'agit pas de simples adaptations de méthodes de production agricole préexistantes. S'il est possible de gérer ces innovations afin d'obtenir une productivité élevée tout en minimisant les impacts sociaux et environnementaux négatifs, la prochaine génération de biocarburants pourrait être débarrassée des inconvénients que présentent de nombreux biocarburants actuels (par exemple la faible densité énergétique, la corrosion, les performances médiocres à basse température, etc.). Un ensemble de données transparent décrivant les résultats attendus des biocarburants ainsi que des instruments d'analyse accessibles pour évaluer les différents combustibles et filières de production sont essentiels, si l'on entend proposer des mesures incitatives appropriées pour la commercialisation de combustibles plus propres.

Ce document passe en revue certaines questions fondamentales liées au bilan énergétique et à l'impact sur le changement climatique des biocarburants. Nous en déduisons qu'il est nécessaire de disposer d'un cadre amélioré pour l'analyse et l'évaluation des biocarburants et nous présentons en détail certains éléments susceptibles d'être utilisés pour élaborer cette méthodologie. Il est important

d'observer à ce stade comment l'incidence des biocarburants sur l'utilisation des terres peut être mesurée et utilisée dans le processus décisionnel. Enfin, nous examinons et récapitulons l'historique et les répercussions potentielles de la recherche sur les biocarburants.

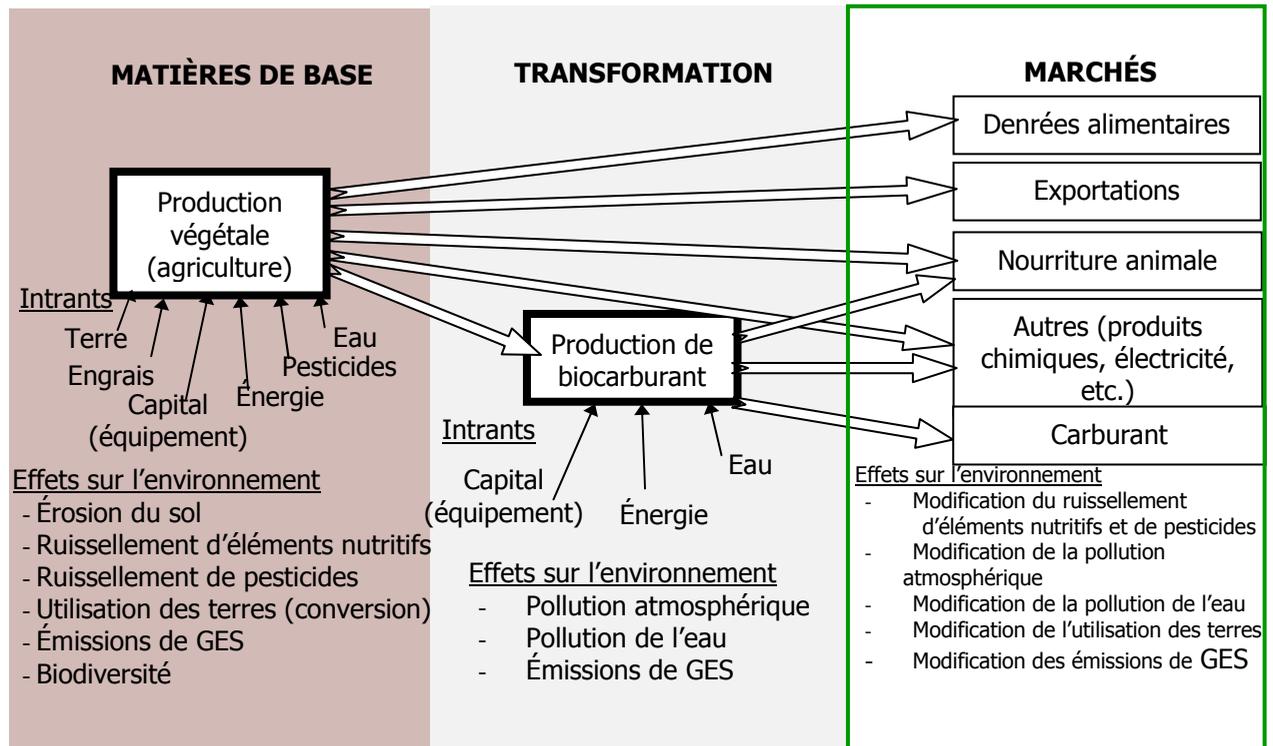
2. LA PRODUCTION DE BIOCARBURANT

Les biocarburants sont produits suivant deux étapes distinctes : la production (ou récolte) de matières de base et la transformation (parfois appelée conversion ou bioraffinage). La Figure 2 présente la production de biocarburant dans l'ensemble du système de production agricole et décrit les principaux intrants et les problèmes environnementaux relatifs à chaque étape. Il est utile d'envisager des « filières de production » de biocarburant comprenant la production de matières de base ainsi que la transformation de ces matières de base en carburant. Il convient de noter que ces données n'incluent pas les mesures de la durabilité du processus de production.

La partie gauche de la Figure 2 illustre la phase de production des matières de base, qui comprend la production végétale, l'agronomie et la transformation. La colonne centrale illustre la transformation, représentée comme une bioraffinerie. La partie droite présente certains marchés importants sur lesquels sont vendus les biocarburants et leurs co-produits. La production de biocarburant donne généralement un ou plusieurs co-produits ou peut devenir parfois le co-produit d'un autre processus de valeur supérieure. Par exemple, la nourriture pour animaux est le principal co-produit de l'éthanol issu du maïs, tandis que le biodiesel (EMHV) est souvent considéré comme un co-produit issu du processus de production des tourteaux de soja, de plus grande valeur. La production d'éthanol à partir de la canne à sucre produit la bagasse (résidu végétal fibreux), qui peut être brûlée pour produire de la chaleur ou de l'électricité. La plupart des marchés sur lesquels les biocarburants et leurs co-produits sont vendus comportent des échanges internationaux intenses.

La Figure 2 illustre le concept fondamental selon lequel la production de biocarburant touche de nombreux marchés différents, y compris les marchés des intrants (par exemple le sol et l'eau) et les marchés des produits agricoles et des co-produits des biocarburants (par exemple les denrées alimentaires et les aliments pour animaux). Il y a lieu de noter que certains de ces intrants peuvent être de nature indirecte plutôt que directe et agir par le biais des interactions entre les marchés. Il est essentiel en outre de remarquer – et de tenir compte de cet aspect dans les analyses sur les biocarburants – que les effets indirects de la production de biocarburant, notamment la destruction de l'habitat naturel pour l'expansion des terres agricoles (par exemple les forêts tropicales humides, la savane ou, dans certains cas, l'exploitation de terres « marginales » utilisées activement, même avec une productivité réduite, par un ensemble de communautés souvent composées de ménages et d'individus pauvres) peuvent avoir un impact environnemental plus important que les effets directs. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) produites indirectement par les biocarburants issus de terres productives qui auraient pu contribuer à la production de denrées alimentaires peuvent se révéler supérieures aux émissions correspondant à une quantité équivalente de combustibles fossiles (Delucchi, 2006; Farrell *et al.*, 2006). Par conséquent, les effets indirects remettent en question toutes les filières actuelles de production de biocarburant ainsi que de nombreuses autres en cours de mise au point. Il est essentiel de se pencher sur ces problèmes si les biocarburants sont appelés à devenir un élément significatif au sein des systèmes énergétiques et socio-économiques (Kammen, 2007).

Figure 2. Filière générale de production des biocarburants (simplifiée) avec intrants et effets sur l'environnement



La production et l'utilisation de biocarburants entraînent, non seulement des effets sur l'environnement, comme l'érosion du sol et les émissions de GES, mais *modifient* aussi certains impacts environnementaux en se substituant, sur les marchés des carburants et les autres marchés, à des produits qui ont eux-mêmes une incidence sur l'environnement. La mesure dans laquelle les co-produits de la production de biocarburants se substituent à d'autres produits ainsi que leurs effets sur l'environnement (au lieu de stimuler une consommation supplémentaire) dépendent de l'élasticité de la demande sur les marchés pertinents (plus la demande est inélastique, plus la substitution est importante), de la façon dont les co-produits influent sur les courbes de l'offre ainsi que des autres facteurs liés ou non au marché (par exemple les facteurs de nature politique et réglementaire).

Ces interactions entre les marchés varient énormément selon le carburant et le mode de production, de sorte que toute tentative visant à présenter un ensemble exhaustif des filières de production de biocarburant et des marchés qui leur sont associés deviendrait rapidement exagérée. Cela est surtout vrai parce que différentes filières de production impliquent souvent un phénomène de concurrence et de substitution entre intrants et co-produits. Il est essentiel d'établir clairement les intrants et les extrants relatifs à tout mode de production de biocarburant de ce type pour pouvoir procéder à l'évaluation précise d'un carburant donné (Farrell *et al.*, 2006). À l'heure actuelle, les filières de production de biocarburants qui représentent le volume le plus important concernent l'éthanol tiré de la canne à sucre, l'éthanol extrait du maïs, le biodiesel extrait du soja, du colza et de l'huile de palme (ces trois derniers éléments étant regroupés au sein de la catégorie des EMHV). Pour ces modes de production, les marchés principaux sont ceux de l'électricité et de la nourriture pour animaux, car il s'agit de ceux où les co-produits tendent à être vendus.

2.1. Analyse du cycle de vie

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une technique employée pour évaluer l'impact énergétique des biocarburants et les effets sur le réchauffement climatique de la planète. En fait, l'utilisation des techniques d'ACV représente à la fois une méthode et un cadre stratégique pour l'évaluation des biocarburants. Elle permet de comparer ce qui est comparable, notamment :

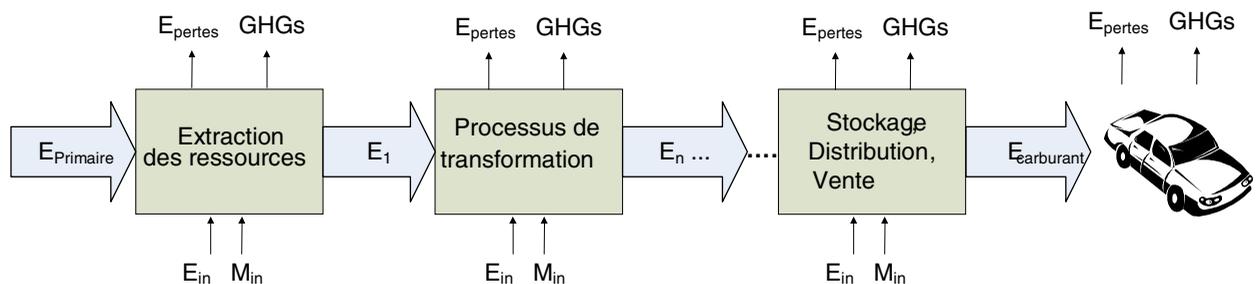
- 1) l'évolution nette de l'offre énergétique mondiale depuis l'utilisation accrue des biocarburants à partir d'une période donnée ;
- 2) la quantité d'émissions de GES dans le monde, imputable à une unité de biocarburant produite.

Du point de vue théorique, un cycle de vie comprend l'ensemble des processus physiques et économiques intéressant directement ou indirectement la vie du produit, depuis la récupération des matières premières utilisées pour fabriquer certaines parties du produit jusqu'au recyclage du produit en fin de vie. Dans la pratique cependant, le cycle de vie étudié par la plupart des instruments d'ACV comprend la production du carburant ainsi que sa combustion mais, en général, il n'englobe pas les effets indirects ou les prend en compte de manière inappropriée (Delucchi 2004).

L'élément de base de l'ACV est un ensemble d'intrants énergétiques et matériels associés à un produit qui présente un intérêt particulier pour une phase spécifique du cycle de vie, avec des facteurs d'émissions associés à certains intrants (Hendrickson *et al.*, 2006). Le cycle de vie constitue donc une combinaison particulière d'éléments de base reliés les uns aux autres, où le produit d'un élément (ou phase) représente un intrant dans une autre phase et où le produit de la dernière phase est le produit ou la quantité étudiée. L'ACV regroupe les émissions liées aux intrants sur l'ensemble des périodes liées les unes aux autres, afin de produire une estimation des émissions totales par unité de produit final tout au long de son cycle de vie (Jones *et al.*, 2007).

Prenons par exemple la représentation simplifiée du cycle de vie du carburant illustrée à la Figure 3. Le cycle de vie du carburant commence par l'extraction des ressources (par exemple la production et le transport du pétrole brut) et se poursuit avec le processus de transformation de la ressource en carburant (par exemple le raffinage du pétrole) puis le stockage, la distribution et la vente. L'utilisation du carburant dans la combustion de l'essence est l'étape finale. Ces étapes s'articulent de façon linéaire comme un diagramme de procédé.

Figure 3. Analyses du cycle de vie classiques excluant les effets indirects



Chaque processus illustré à la Figure 3 requiert des intrants énergétiques et matériels (E_{in} et M_{in}), présente des pertes d'énergie dues aux efficacités de transformation (E_{pertes}) et produit des émissions de gaz à effet de serre (GES). Les ACV actuelles, bien que parfois relativement complexes, suivent *grosso modo* cette approche. Quelques exemples de cette approche sont fournis par les modèles de feuilles de calcul GREET, LEM et GHGenius, qui s'appuie sur une version préliminaire du modèle d'analyse du cycle de vie des émissions « *Lifecycle Emissions Model* » (LEM). Ces modèles sont disponibles et peuvent être téléchargés aux adresses suivantes :

GREET: <http://www.transportation.anl.gov/software/GREET/>

LEM: <http://www.its.ucdavis.edu/people/faculty/delucchi/index.php#LifecycleEmissions>

GHGenius: http://www.nrcan.gc.ca/es/etb/ctfca/PDFs/GHGenius/gh_genius_pamphlet0405_e.html

Ces modèles d'ACV de première génération permettent de calculer les effets des combustibles sur les émissions de GES en additionnant les émissions d'équivalent CO₂ sur plusieurs phases successives, les émissions relatives à chaque phase étant calculées en multipliant le taux d'utilisation de certains intrants par un coefficient d'émissions de GES associé à cet intrant.

2.2. Limites des méthodes et des instruments d'ACV actuels

Les méthodes d'ACV actuelles sont très aléatoires et présentent des omissions substantielles (Delucchi 2004 ; Delucchi, 2006 ; Pennington, Potting *et al.* 2004 ; Rebitzer, Ekvall *et al.* 2004 ; Arons *et al.*, 2007). Certains aspects liés à ces lacunes et à ces ambiguïtés sont examinés ci-après, notamment les effets soumis à la médiation du marché, les changements d'affectation des terres, l'impact des émissions sur le climat, ainsi que les données incertaines et très variables. La recherche visant à améliorer les méthodes d'ACV est un élément essentiel pour essayer de comprendre les incidences énergétiques et les effets sur les émissions de GES des biocarburants.

2.2.1. Effets soumis à la médiation du marché

Les politiques énergétiques et environnementales ont une incidence sur les prix qui, à leur tour, influent sur la consommation et par conséquent sur la production, qui fait varier quant à elle les émissions. Les émissions de GES sont donc soumises aux mécanismes du marché, notamment l'intersection entre les marchés des denrées alimentaires et de l'énergie à l'échelon tant national que mondial.

Nombre de filières de production de carburant fournissent de multiples produits comme les denrées alimentaires, les aliments pour animaux ou les co-produits chimiques. D'un point de vue théorique, la meilleure façon de gérer cet aspect dans le cadre d'une ACV des émissions de GES consiste à inclure toutes les émissions produites par l'ensemble du processus de production conjointe puis à modéliser les phénomènes liés à la production et, par conséquent, aux émissions, sur les marchés concernés par la production de l'ensemble des « co-produits » (tous les produits conjoints autres que le produit examiné). Ce système forme la base de ce que l'on a appelé l'approche fondée sur le « remplacement » ou « l'extension du système » pour estimer les impacts des co-produits sur les émissions¹. Cependant, la plupart des applications de cette méthode partent du principe que chaque unité de co-produit manufacturée avec le biocarburant implique qu'une unité n'est *pas* fabriquée ailleurs et « remplace » ainsi l'autre production, alors qu'en réalité, le degré de remplacement est le résultat dynamique des interactions entre les marchés et il n'atteint pas en général un rapport de un à

un. Par conséquent, les ACV qui tiennent tout simplement pour établi un remplacement de « un pour un » surestiment le « gain lié au remplacement ». L'idéal serait d'utiliser un modèle économique pour déterminer l'effet des co-produits sur leurs marchés ainsi que la mesure dans laquelle les co-produits remplacent l'autre production. Il n'existe aucune ACV dotée d'un modèle économique incorporé, bien que le modèle LEM présente un paramètre unique conçu pour prendre en compte les effets des co-produits soumis à la médiation du marché (Delucchi, 2003).

Le problème de la production conjointe se vérifie également pour le raffinage du pétrole. Une raffinerie transforme le pétrole brut en une vaste gamme de produits, notamment de nombreux combustibles, les produits pétrochimiques ainsi que l'asphalte. Un changement dans la demande d'un produit, comme l'essence, peut influencer sur la production et sur le prix des autres produits. Il est nécessaire de disposer d'un modèle des coûts de production des raffineries et de la demande de l'ensemble des produits raffinés pour évaluer les changements d'équilibres dans la production et la consommation et, enfin, les émissions. Aucun modèle d'ACV de la génération actuelle ne comprend ce type d'analyse.

2.2.2. *Modification de l'affectation des terres*

La modification de l'affectation des terres fait partie des effets soumis à la médiation du marché les plus importants découlant de l'expansion de la production de biocarburant. Une hausse des prix du pétrole ou un changement de stratégie peut se traduire par une production plus étendue de biocarburants d'origine végétale déplaçant les écosystèmes indigènes, la production agricole existante ou les terres gelées. Le changement d'utilisation des sols et de la végétation peut modifier certains paramètres physiques tels que l'albédo (réflectivité), l'évapotranspiration et les flux de chaleur sensible et latente, qui ont un effet direct sur l'absorption et la consommation de l'énergie sur la surface terrestre et influencent par conséquent les températures locales et régionales (Marland, Pielke *et al.* 2003 ; Feddema, Oleson *et al.* 2005). Certains de ces effets sont plus importants à l'échelon régional que mondial, tandis que les changements mondiaux découlent de l'évolution des stocks de carbone (dans le sol et la biomasse) ainsi que des émissions de N_2O et de CH_4 . Ce dernier phénomène n'est pas nécessairement dû aux changements d'utilisation des sols, mais il découle de l'utilisation d'engrais et d'autres formes de gestion (d'usage) des terres par l'homme. En outre, le remplacement de la végétation indigène par des matières de base pour la production de biocarburants ainsi que la culture de biomasse qui s'ensuit peuvent également modifier de façon significative la quantité de carbone stocké dans la biomasse et le sol et, par conséquent, modifier le volume de CO_2 émis dans l'atmosphère ou retiré de celle-ci par rapport au scénario de référence considéré.

En produisant des biocarburants sur une parcelle donnée, la demande de produits issus de l'ancienne utilisation du sol n'est plus satisfaite et, dans le temps, la nouvelle production devra satisfaire au moins une partie de cette demande (il est probable que les prix augmentent, réduisant ainsi la consommation dans une certaine mesure, bien qu'il soit à prévoir que cet effet soit minime, étant donné que la demande de denrées alimentaires est très inélastique). Cette « production remplacée » pourrait entraîner des émissions de GES ou avoir des répercussions sur d'autres aspects environnementaux tels que l'érosion du sol et la déforestation. Les modèles d'analyse du cycle de vie des carburants les plus courants ignorent (ou prennent en compte trop sommairement) les changements d'affectation des terres liés à la culture de biomasse en vue de la production de biocarburants. Le modèle LEM représente une exception : il examine dans le détail l'impact climatique des changements dans le piégeage du carbone découlant de l'évolution de l'utilisation des sols (Delucchi, 2003, 2006).

Bien que l'importance de ces effets soit généralement reconnue par tous, il n'existe aucune méthode bien établie pour calculer leur ampleur. Delucchi (2003, 2006) propose une méthode permettant d'estimer la valeur actuelle des émissions de dioxyde de carbone dues au changement d'affectation des terres tout au long de la vie d'un programme de production de biocarburant, mais cette méthode n'a jamais été mise en pratique, pas plus que d'autres d'ailleurs.

2.2.3. Effets des émissions sur le climat

Les incidences des autres agents polluants, le choix des potentiels de réchauffement global (PRG) relatifs à des gaz spécifiques ainsi que l'analyse des facteurs d'émissions de dioxyde de carbone non constants à partir de la dynamique de production, de raffinage et d'utilisation finale des biocarburants représentent des aspects déterminants pour affiner davantage les modèles. Par exemple, la plupart des ACV des carburants prennent en compte uniquement trois types de GES (le CO₂, le CH₄ et le N₂O) et utilisent les potentiels de réchauffement global (PRG) élaborés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour convertir les GES autres que le CO₂ en équivalents carbone. Les PRG élaborés par le GIEC assimilent un gaz à un autre en fonction de son forçage radiatif sur une période de 100 ans, en supposant une altération exponentielle des gaz (avec des fonctions d'altération multiples dans le cas du CO₂).

Pendant, toutes les émissions atmosphériques – y compris le monoxyde de carbone (CO), les composés organiques volatils (COV), l'oxyde d'azote (NO_x), l'oxyde de soufre (SO_x) et l'ammoniaque (NH₃) – ainsi que les émissions d'aérosols ont un effet sur le climat. Le modèle LEM (Delucchi, 2003, 2003a, 2006) prend en compte les incidences sur le climat d'une variété considérable d'émissions atmosphériques. En outre, le noir de carbone qui entre dans la composition des aérosols produit un effet extrêmement puissant sur le réchauffement de la planète (Menon, Hansen *et al.*, 2002) et les moteurs diesel représentent la principale source d'émissions de noir de carbone. Très peu d'ACV tiennent compte du noir de carbone, à quelques récentes exceptions près (Delucchi (2003a, 2006) et Colella *et al.*). Les États-Unis et l'Europe appliquent désormais des normes strictes, fondées sur des critères sanitaires, sur les émissions de noir de carbone mais dans nombre d'autres pays ces normes n'existent pas (ou ne sont pas appliquées). Cela laisse supposer que si les émissions de noir de carbone sont susceptibles de diminuer à l'avenir dans certains milieux, elles peuvent être considérables ailleurs.

Tous les modèles d'ACV ne traitent pas les émissions de la même façon, y compris lorsqu'elles sont effectivement prises en compte. Par exemple, le modèle GREET ne tient pas compte des émissions de N₂O dues à l'azote atmosphérique fixé par le soja, contrairement au modèle LEM, qui contribue à une estimation de l'impact du biodiesel de soja sur le réchauffement de la planète pratiquement supérieure, par ordre de grandeur (Delucchi, 2006).

2.2.4. Données incertaines et variables

Dans la pratique, *toutes* les valeurs faisant partie du calcul du cycle de vie des émissions de GES sont incertaines. Les facteurs liés aux émissions sont, en général, encore plus incertains car ils représentent habituellement des processus naturels variables dans le temps – ou l'espace – ou sont le résultat d'une ACV précédente. Dans bien des cas malheureusement, il existe si peu de données sur les émissions réelles qu'il est probable que l'on connaisse seulement l'ordre de grandeur des émissions du simple au double. Par exemple, les émissions d'hémioxyde d'azote issues des véhicules pourraient contribuer, dans une mesure de 3 pour cent à 10 pour cent, aux émissions du cycle du carburant que l'on peut simplement évaluer. Des études de suivi sur site sont nécessaires pour valider, non seulement

les modèles d'ACV actuels et futurs, mais aussi, sur le long terme, les étiquettes des GES associées aux combustibles, telles que celles qui seront nécessaires en Californie et dans d'autres États qui adoptent des normes de carburants à faible teneur en carbone (Arons *et al.*, 2007 ; Brandt *et al.*, 2007).

Les niveaux d'utilisation des intrants dans le processus peuvent également se révéler extrêmement incertains, notamment dans le cas de l'évaluation des effets moyens (par exemple l'impact moyen sur le réchauffement de la planète de l'éthanol produit aux États-Unis) calculée sur un ensemble hétérogène d'installations utilisant des combustibles variés avec une efficacité variable. Dans nombre de cas, les taux d'utilisation des intrants s'appuient sur des valeurs autodéclarées et non vérifiées issues d'un sous-ensemble d'entreprises intéressées par une pratique spécifique et sélectionnées de manière autonome. Il est impossible d'obtenir à partir de ces données des distributions de probabilités significatives d'un point de vue statistique (notamment si l'objectif est de prévoir l'utilisation future de carburant, aspect qui sera examiné par la suite). Dans d'autres cas, les niveaux d'utilisation des intrants sont déduits des statistiques connexes. Par exemple, les études statistiques de la production agricole du Ministère de l'Agriculture des États-Unis n'effectuent pas de suivi de la consommation d'énergie dans l'agriculture ; la consommation d'énergie est estimée à partir des dépenses en combustibles selon des hypothèses sur les prix moyens des combustibles. On ne voit pas bien comment ce processus produit des erreurs dans les estimations obtenues.

L'évolution du piégeage du carbone dans la biomasse et le sol due aux changements d'utilisation des sols liés à la création de biomasse utilisée comme matière de base pour les biocarburants est une source d'émissions souvent mal décrite. Des données générales relatives à la teneur en carbone des sols et des plantes sont disponibles, mais de fortes variations peuvent exister d'un site à l'autre. L'incertitude inhérente aux facteurs de stockage du CO₂ liés à l'affectation des sols peut modifier de plusieurs points de pourcentage les émissions d'équivalent CO₂ sur le cycle de vie.

Si la distribution de probabilités relatives à chaque taux d'utilisation et chaque facteur d'émission ainsi que les corrélations entre ceux-ci étaient bien définies, il serait possible d'utiliser des méthodes statistiques types ou une simulation de Monte-Carlo pour propager l'incertitude au sein du modèle d'analyse du cycle de vie afin de comprendre l'incertitude globale du résultat. Dans la pratique cependant, la distribution de nombreuses probabilités est inconnue. En outre, même avec un échantillonnage complet et précis de la pratique courante (par exemple en ce qui concerne la consommation de combustibles dans les installations de production d'éthanol), il serait peu aisé d'utiliser ces informations pour prévoir les pratiques futures (à savoir, dans ce cas, la consommation de combustibles dans les futures installations de production d'éthanol). Afin d'utiliser rationnellement les distributions de probabilités pour prévoir les évolutions à venir, il a fallu construire un modèle présentant des paramètres (comme le coût des combustibles) susceptibles d'être eux-mêmes décrits de façon appréciable par des distributions de probabilités objectives, ce qui semble impossible à l'heure actuelle. Cependant, une enquête sur la sensibilité des méthodes d'ACV à l'incertitude de divers paramètres, afin de comprendre comment mieux appréhender les incidences climatiques des différents carburants de transport, semble réalisable. Toutefois, il est peu probable que les techniques classiques de Monte-Carlo (et autres analyses analogues) se révèlent utiles pour l'instant.

2.3. Approches analytiques de la modélisation du changement d'affectation des terres

Le changement d'affectation des terres a des incidences tant locales que mondiales. Le fait que certains changements d'utilisation des sols associés à la production végétale bio-énergétique soient directs et d'autres indirects vient compliquer davantage la situation. Aux États-Unis, par exemple, la conversion de la production d'éthanol de soja en production d'éthanol de maïs (changement direct)

agit, dans une mesure inconnue, sur la culture de soja pour l'alimentation en Amazonie (changement indirect). Cependant, peu de données sont disponibles sur les effets indirects de la conversion de l'affectation des terres et aucune stratégie portant sur ces effets n'a été fixée (Delucchi 2004, 2006 ; Tilman, Hill *et al.* 2006 ; Mathews, 2007).

Les effets de la conversion de l'affectation des terres associés à la production de biocarburant sont potentiellement significatifs, qu'il s'agisse aussi bien des effets directs liés à la conversion pour la production de biocarburant que des effets indirects soumis à la médiation des marchés des produits et du marché foncier. Il serait très difficile d'inclure avec précision tous les changements indirects d'utilisation des sols associés à la production de biocarburant. Étant donné notamment les lacunes considérables dans les données, le caractère aléatoire des modèles et les profondes incertitudes liées aux politiques futures et aux prix, l'utilité de cet exercice *pour une prévision de l'impact sur le réchauffement de la planète présentant un intérêt réel dans un contexte réglementaire* est contestable.

En outre, le fait d'exclure la conversion de l'affectation des terres à l'échelon mondial attribue effectivement une valeur zéro à cet effet, ce qui produit comme chacun sait une estimation médiocre. En revanche, une norme sur les carburants à faible teneur en carbone, motivée par une action des pouvoirs publics, pourrait inclure une estimation approximative de la proportion des émissions dues à la conversion de l'affectation des terres à l'échelon mondial et potentiellement susceptibles d'être imputables aux agrocarburants. Cette estimation, pour indicative qu'elle soit, permettrait de faire passer le juste message quant aux modes de production des biocarburants impliquant un changement d'utilisation des sols.

Comme l'illustre l'analyse du modèle LEM, les variations des stocks de carbone liées à la déforestation et à la détérioration du sol sont probablement les principaux facteurs associés au changement d'affectation des terres influençant le climat de la planète (Delucchi, 2006). Les travaux relatifs au bilan du carbone terrestre comprennent des estimations des émissions de dioxyde de carbone associées au changement d'utilisation des sols sur la planète (Houghton 1999 ; Potter 1999 ; Schimel, House *et al.* 2001 ; Houghton 2003). D'une manière générale, l'écosystème terrestre constitue un puits net de dioxyde carbone (Schimel, House *et al.* 2001). Cependant, on estime que le changement d'affectation des terres contribuait aux émissions de carbone à hauteur de 0.6 à 2.5 gigatonnes par an dans les années 80 et de 0.8 à 2.4 gigatonnes dans les années 90 (Schimel, House *et al.*, 2001). Étant donné que ces estimations s'appuient souvent sur une agrégation des données relatives aux conversions spécifiques de l'utilisation des sols selon une approche du bas vers le haut, il est possible de calculer l'apport spécifique du changement d'utilisation des sols lié aux cultures végétales. D'après une de ces analyses, environ 1.3 gigatonnes de carbone étaient à attribuer au changement d'affectation des terres lié aux cultures végétales dans les années 80 (Houghton, 1999). Le Tableau 1 présente, à titre d'exemple, des chiffres permettant d'estimer les émissions liées à l'affectation des sols.

L'approche simple présentée ci-dessous produit des valeurs entraînant des effets sur le réchauffement planétaire supérieurs à ceux de l'essence pour la plupart des agrocarburants nationaux. Bien que toute tentative visant à calculer ces valeurs soit incertaine et sujette à discussion, attribuer une valeur zéro aux émissions découlant de la conversion de l'utilisation des sols à l'échelon de la planète signifie à l'évidence sous-estimer ces effets. Par conséquent, nous croyons que la mesure de précaution consistant à attribuer une valeur autre que zéro est appropriée, étant donné qu'il est important de lancer des signaux et de proposer des mesures d'incitation en faveur de l'innovation et des investissements.

Tableau 1. Calcul indicatif du changement d'affectation des terres relatif à différentes matières de base

	Éthanol		
Matières de base (g-CO ₂ e/kg)	<i>Maïs</i>	<i>Herbages</i>	<i>Bois</i>
Sol	96	48	45
Biomasse	4	5	-31
Total	100	54	14
production de carburant (L/Mg)	83	70	67
Teneur énergétique (MJ/L, HHV)	24	24	24
Émissions (g CO ₂ e/MJ)	51	32	9
On utilise ici 60 lbs/boisseau pour le soja, 56 pour le maïs et 948.452 BTU/MJ.			

Alors que l'introduction des coûts premiers de la conversion d'utilisation des sols dans le calcul des émissions de GES dues aux biocarburants utilisé pour attribuer une étiquette aux biocarburants ou les réglementer produira une pondération plus adaptée entre les agrocarburants et les autres combustibles, cette réglementation peut ne pas être le mécanisme le plus approprié pour influencer le changement climatique accompagnant la conversion de l'utilisation des sols. La production de biocarburant ne représente qu'une infime proportion de l'utilisation des terres à l'échelon planétaire (<5 pour cent), mais celle-ci est appelée à augmenter et aura une incidence de plus en plus prononcée sur l'ensemble du système d'affectation des terres. Nombre de ces changements seront de nature indirecte. Un système de limitation globale de la conversion de l'utilisation des sols et du changement climatique, agissant indépendamment de la réglementation sur les carburants, permettrait de minimiser les effets négatifs sur le climat de l'utilisation des sols. Il n'existe cependant aucune réglementation de ce type et sa mise en œuvre à l'échelon mondial pourrait être entravée par des obstacles de taille.

Si l'initiative globale visant à ralentir la déforestation et à contrôler les contraintes sur le changement climatique qui accompagnent la conversion de l'utilisation des sols se révèle efficace, les coûts premiers liés à cette conversion décrits ci-dessus diminueront. Inversement, si la production d'agrocarburants et la demande croissante d'une population mondiale de plus en plus nombreuse et opulente pèsent davantage sur la forêt et les ressources du sol, les coûts premiers du changement d'affectation des terres augmenteront. Ces coûts devraient être réévalués périodiquement, afin de refléter la conjoncture actuelle, bien que, dans la pratique, ces mises à jour puissent être limitées par la disponibilité des données. La nécessité d'actualiser ces valeurs en fonction de l'évolution des marchés crée inévitablement un certain degré d'incertitude de nature normative, bien que l'ampleur du changement lié à chaque mise à jour doive se stabiliser lorsqu'une méthodologie adaptée aura été fixée.

3. EFFETS DU CHANGEMENT D'AFFECTION DES TERRES : UN CADRE PRÉLIMINAIRE

Qu'en est-il des émissions de carbone provenant du sol et de la biomasse et découlant des conversions de l'utilisation des sols liées à des interventions intéressant un biocarburant ou une matière de base spécifiques (par exemple l'éthanol extrait du maïs)? Le nombre de grammes d'émissions d'équivalent CO₂ dues au changement d'affectation des terres par BTU de biocarburant produit représente une mesure utile qui permet de fournir une réponse à cette question. Cette quantité peut être estimée de la manière suivante :

$$FLUCE_F = FEA_F \cdot \sum_L LUCE_{L \rightarrow L^*} \cdot LUC_{F:L \rightarrow L^*}$$

où :

$FLUCE_F$ = les émissions découlant du changement d'affectation des terres dû à la production de biocarburant F (grammes d'émissions d'équivalent CO₂ par BTU de carburant F produit) ;

FEA_F = la quantité d'énergie produite par unité de surface par le biocarburant F (BTU de carburant F produit par hectare de terre sur lequel la matière première de la biomasse est cultivée pour produire F) ;

$LUCE_{L \rightarrow L^*}$ = les émissions par hectare de terre convertie du type L au type L^* (grammes d'émissions d'équivalent CO₂ par hectare de terre ainsi convertie) ;

$LUC_{F:L \rightarrow L^*}$ = la fraction d'un hectare de terre convertie du type L au type L^* par hectare de terre sur lequel la matière première de la biomasse est cultivée pour produire F) ;

Indice L = les catégories d'occupation des sols (par exemple, forêt tropicale, prairies tempérées).

La quantité d'énergie produite par unité de surface FEA est assez bien connue. Des données sont disponibles pour estimer les émissions de carbone du sol et de la biomasse dues à une conversion de l'affectation des terres et ce, pour différents types d'utilisation des sols (paramètre $LUCE$), bien qu'il existe une forte variabilité dans les données relatives à des types d'occupation du sol génériques, en raison de la variabilité du climat, de la topographie, des caractéristiques du sol, des techniques de gestion et d'autres facteurs déterminant le piégeage et les émissions de carbone. Cependant, il est extrêmement difficile d'estimer la façon dont l'utilisation des sols évolue (paramètre LUC) et nous mettrons donc plus particulièrement l'accent sur ce paramètre.

Étant donné que l'ensemble de valeurs du paramètre LUC_F dépend probablement, non seulement du carburant F , mais aussi de la politique ou de l'action par laquelle F est produit, l'idéal serait d'estimer LUC_F en utilisant un modèle sophistiqué comprenant des représentations détaillées de l'économie agricole, de l'affectation des terres, des politiques, des échanges commerciaux et d'autres aspects encore. Des modèles de la sorte existent et ont récemment été utilisés, précisément pour étudier ces aspects (voir www.biofuelassessment.dtu.dk/). Cependant, on peut raisonnablement mettre en doute le fait que ces modèles soient suffisamment sophistiqués pour fournir des estimations fiables des changements d'affectation des terres liés à la production de biocarburant, étant donné la complexité des stratégies et des marchés agricoles, énergétiques et fonciers à l'échelon mondial. Si tel est le cas en revanche, des méthodes plus simples peuvent être proposées pour estimer les paramètres pertinents de l'équation présentée ci-dessus, pour autant que les méthodes prennent en compte tous les effets pertinents et que les émissions soient supposées représenter la réalité, ne serait-ce que de façon simplifiée.

Par conséquent, plutôt que de s'efforcer d'élaborer un modèle sur la façon dont certains types d'utilisation du sol évolueront sous l'effet de mesures en faveur de certaines cultures particulières, on pourrait soutenir que, du fait de l'interconnexion globale entre la terre et les marchés agricoles, les futures valeurs relatives à certaines cultures particulières ne s'écarteront guère des moyennes mondiales historiques entre toutes les cultures. Les données historiques peuvent être utilisées pour estimer les moyennes globales relatives au paramètre LUCE, et probablement aussi au paramètre LUC, pour l'ensemble de la biomasse (cultures) et des types d'occupation du sol. Par exemple, Houghton et Hackler (2001) fournissent des estimations des émissions dues au changement d'affectation des terres par type de changement ainsi que des évolutions historiques de l'affectation des terres par type d'occupation du sol. À partir de ces données, il est possible de calculer une quantité moyenne par hectare des émissions dues au changement d'affectation des terres pour tous les types d'occupation du sol (paramètre LUCE).

Cependant, le calcul d'une valeur globale du paramètre LUC (hectares de terres converties par hectare de terre mise en production) pour toutes les cultures et tous les types d'occupation des sols ne va pas nécessairement de soi. Nous utilisons ci-après un exemple pour illustrer l'interprétation et la portée éventuelle de ce paramètre.

Prenons un agriculteur possédant 11 hectares de terre. Dans le scénario de base « sans biocarburant », un hectare est constitué de surfaces en herbe non cultivées et 10 hectares sont consacrés à la culture du maïs et produisent 100 boisseaux par hectare, fournissant ainsi au marché un total de 1 000 boisseaux. Dans le scénario avec biocarburant, la nouvelle demande de maïs provenant d'une nouvelle installation de production de biocarburant entraîne une hausse des prix du maïs et l'agriculteur s'engage à fournir à la nouvelle usine d'éthanol 100 boisseaux supplémentaires de maïs par an, tout en continuant à produire 1 000 boisseaux sur l'autre marché. Si l'on ignore pour l'instant l'effet de la hausse des prix sur la demande de maïs, la palette d'options à disposition de l'agriculteur dans ce scénario de production de biocarburant est déterminée par deux mesures. Premièrement, il peut tout simplement cultiver les 100 boisseaux supplémentaires sur la terre qui aurait été réservée aux herbages non cultivés (à savoir le onzième hectare). Dans ce cas, l'hectare et les 100 boisseaux de maïs produits pour le marché des biocarburants entraînent un changement d'affectation des terres sur un hectare – l'hectare de surface en herbe – et la valeur du paramètre LUC (hectares de terres converties par hectare de terre mise en production pour alimenter le marché des biocarburants) correspond donc à 1.0.

Dans le deuxième cas, l'agriculteur peut laisser de côté la surface en herbe et décider – justement à cause de la hausse des prix du maïs – qu'il vaut la peine d'engager les dépenses supplémentaires nécessaires pour accroître le rendement à 110 boisseaux par hectare sur les 10 hectares (en utilisant

davantage d'engrais ou d'eau par exemple) plutôt que de cultiver le onzième hectare de surface en herbe avec un rendement de 100 boisseaux l'hectare. Dans ce cas, il utilise effectivement 0.91 hectares pour produire les 100 boisseaux de maïs destinés au marché des biocarburants, tandis que les 9.1 hectares restants fournissent les 1 000 autres boisseaux au marché. Ainsi, les 0.91 hectares et les 100 boisseaux de maïs produits pour la fabrication de biocarburant n'entraînent aucun changement d'affectation des terres (excepté les effets de l'intensification proprement dits) et le paramètre LUC correspond par conséquent à zéro. Naturellement, l'agriculteur peut opter pour une solution intermédiaire.

A cet égard, deux aspects sont importants. Premièrement, l'augmentation du rendement dans le deuxième scénario doit être spécifiquement imputable à la hausse des prix du maïs et non à un processus d'augmentation du rendement en cours dans le scénario de base, sous l'effet de la recherche et développement continue et de la pression concurrentielle pour accroître la production.

Deuxièmement, notre exemple ne tient pas compte jusqu'ici de l'effet de l'évolution des prix sur la demande. Par exemple, il est possible qu'en raison de la hausse des prix du maïs, l'agriculteur vende seulement 990 boisseaux sur l'autre marché au lieu des 1 000 boisseaux prévus dans le scénario de référence sans biocarburant. Dans ce cas, l'agriculteur peut alors utiliser 0.1 hectare désormais disponible sur les 10 hectares pour produire 10 boisseaux de maïs destinés au marché des biocarburants, puis cultiver 0.9 hectare sur le onzième hectare d'herbages pour produire les 90 boisseaux de maïs restants pour le marché des biocarburants. Ici, un hectare de maïs destiné à la production d'éthanol entraîne la conversion de 0.9 hectare d'herbages et le paramètre LUC, compte tenu de ce facteur, correspond alors à $0.9/1.0 = 0.9$.

Comme mentionné précédemment, l'inélasticité de la demande alimentaire laisse supposer que l'élément d'effet de prix du paramètre LUC (selon lequel la hausse des prix due à la demande de biocarburant supprime la consommation sur les autres marchés) sera probablement peu significatif. Cependant, l'effet d'intensification du rendement selon lequel la hausse des prix encourage une augmentation supplémentaire du rendement (au-dessus de la moyenne) est inconnu. (Pour un examen plus détaillé de l'effet d'intensification du rendement, voir Kløverpris *et al.* [2007]).

Il n'est pas évident de savoir s'il existe une manière simple d'estimer une valeur moyenne historique du paramètre LUC sur toutes les cultures. La difficulté essentielle repose sur le fait que LUC dépend en fin de compte des fonctions d'offre et de demande, tandis que le phénomène observé est l'évolution de la consommation, de la production et des prix. Toutefois, il peut être possible de procéder à des estimations utiles du paramètre LUC à partir des déductions tirées de l'évolution de la consommation et des prix sans avoir à procéder à une modélisation de l'équilibre général. Des travaux plus approfondis sont nécessaires dans ce domaine.

Enfin, il convient de noter deux aspects méthodologiques importants et étroitement liés qui sont incorporés dans l'estimation du paramètre LUCE dans l'équation ci-dessus. Premièrement, la période pendant laquelle a lieu la production de carburant issue d'un hectare de terre n'est pas la même que celle pendant laquelle interviennent les émissions dues à la conversion de l'utilisation des sols. Deuxièmement, on peut supposer que la production annuelle de carburant issue d'un hectare de terre est constante, alors que les émissions annuelles dues à la conversion de l'utilisation des terres ne le sont pas. Certaines transformations sont nécessaires dans l'une ou l'autre des filières, afin de séparer correctement émissions et production de carburant. Delucchi (2003) utilise pour ce faire la méthode d'annualisation/actualisation, mais d'autres méthodes sont également possibles.

4. COMPARAISON DES ANALYSES RÉCENTES SUR LES BIOCARBURANTS

Les travaux relatifs à l'ACV des biocarburants comprennent des analyses contradictoires ; en outre, les études publiées s'appuient souvent sur des unités et des limites de systèmes différentes, ce qui rend les comparaisons d'une étude à l'autre peu aisées. Dans cette section, nous présentons à titre d'exemple une comparaison entre six documents évaluant la même filière de production de biocarburant, à savoir la production d'éthanol à base de maïs aux États-Unis (Farrell *et al.*, 2006). Toutes ces études utilisent les méthodes d'ACV appartenant à la génération actuelle et, par conséquent, ignorent ou accordent peu de poids à certains aspects importants. Toutefois, une comparaison entre ces travaux n'en reste pas moins utile pour illustrer la façon dont ces différents résultats peuvent être obtenus.

Le modèle d'analyse EBAMM (ERG *Biofuel Analysis Meta-Model*, disponible en ligne à l'adresse <http://rael.berkeley.edu/ebamm>) est un instrument transparent relativement simple pour comparer les processus de production de biocarburant. EBAMM peut être téléchargé et utilisé gratuitement. Nous avons utilisé le modèle EBAMM pour comparer six articles publiés illustrant la gamme d'hypothèses et de données obtenues pour un biocarburant, à savoir l'éthanol extrait du maïs (Wang 2001 ; Graboski 2002 ; Patzek 2004 ; Shapouri, Duffield *et al.* 2004 ; Dias de Oliveira, Vaughan *et al.* 2005 ; Pimentel et Patzek 2005). Bien que ces six études fournissent des résultats assez divergents, la structure fondamentale de l'analyse sur laquelle ils s'appuient est pratiquement identique. Il est à noter que le modèle EBAMM ne vise ici que ces six études et, par conséquent, ne tient pas ou peu compte d'aspects exclus ou peu examinés par ces études, y compris notamment le changement d'affectation des terres et les technologies d'utilisation finale.

Chaque étude calcule la consommation d'énergie fossile (charbon de bois, gaz naturel et pétrole) à chaque étape du processus de production, ce qui permet ainsi d'estimer l'énergie primaire totale nécessaire pour produire l'éthanol. Des mesures analogues sont effectuées dans les feuilles de calcul relatives aux émissions nettes de GES. Les feuilles de calcul dénommées « *petroleum* » et « *GHG* » présentent un récapitulatif des résultats.

Le cas de l'éthanol *cellulosique* présenté ici est une évaluation préliminaire d'une technologie en rapide évolution destinée à mettre en relief les réductions considérables de GES annoncées ; cette évaluation ne doit pas être considérée comme une représentation définitive du potentiel offert par cette technologie. En outre, d'autres technologies de production de biocarburant, qui ne sont pas du tout abordées dans l'analyse, font actuellement l'objet d'innovations actives.

Si les six études comparées ici présentent de fortes analogies, chacune d'entre elles tient compte de différentes limites de systèmes. Pour rendre les résultats proportionnels, nous avons corrigé toutes les études, afin qu'elles respectent une limite de système cohérente. Deux paramètres, l'intrant calorique et le transport des travailleurs agricoles, ont été considérés hors des limites du système et ont donc été fixés à zéro dans les versions corrigées (ces facteurs sont minimes et ne modifieraient pas les résultats qualitatifs s'ils étaient inclus). Six paramètres ont été ajoutés ou relevés : l'énergie incorporée dans les machines agricoles, les intrants dans les conditionnements, l'énergie incorporée dans les biens

de production, l'eau consommée par le processus, le traitement des effluents et les gains liés à la valorisation des co-produits. Les co-produits classiques comprennent les drêches de distillerie séchées avec les solubles (*distillers dried grains with solubles* ou DDGS), les aliments à base de gluten de maïs et l'huile de germe de maïs, qui valorisent la production d'éthanol de l'ordre de 0.10 à 0.40 USD par litre d'éthanol de maïs.

Deux études se démarquent des autres, car elles relèvent des valeurs énergétiques nettes négatives et prévoient implicitement des émissions de GES relativement élevées ainsi que des intrants pétroliers importants (Patzek 2004 ; Pimentel et Patzek 2005). L'évaluation attentive nécessaire pour reproduire les résultats énergétiques nets a indiqué que ces deux études se démarquaient également des autres par le fait qu'elles partaient du principe que l'on ne devrait attribuer aux co-produits de l'éthanol (autrement dit les matières produites inévitablement lorsque l'éthanol est fabriqué, comme les DDGS, les aliments à base de gluten de maïs et l'huile de germe de maïs) aucune valeur approximative grossière des effets sur l'érosion du sol et qu'elles comprennent des données d'entrée anciennes, non représentatives des processus actuels, ou encore mal documentées, de sorte que leur qualité ne peut être évaluée (voir les Tableaux S2 et S3 dans la documentation supplémentaire en ligne de Farrell *et al.*, 2006, accessible à : <http://rael.berkeley.edu/ebamm>).

Les analyses de sensibilité réalisées avec le modèle EBAMM et dans d'autres situations indiquent que les calculs de l'énergie nette sont extrêmement sensibles aux hypothèses sur la répartition des co-produits (Kim et Dale 2002). Les co-produits de l'éthanol ont une valeur économique positive et remplacent des produits concurrents qui requièrent de l'énergie pour leur fabrication. Par conséquent, l'augmentation de la production d'éthanol pour répondre aux exigences de la Loi sur la politique énergétique de 2005 (EPACT 2005) fera en sorte que davantage de co-produits viendront se substituer aux farines de maïs complètes et aux farines de soja dans la nourriture pour animaux et que l'énergie ainsi économisée compensera en partie l'énergie nécessaire à la production d'éthanol (Delucchi 2004 ; *Food and Agricultural Policy Research Institute* 2005).

Il faut beaucoup moins de pétrole pour produire un mégajoule d'éthanol – dans toutes les filières examinées – que pour produire un mégajoule d'essence (Figure 4). Cependant, les critères d'évaluation des GES indiquent que les performances environnementales de l'éthanol varient énormément en fonction des processus de production. Toutefois, les évaluations à facteur unique fournissent probablement des orientations stratégiques médiocres. À partir des critères d'évaluation de l'intensité pétrolière, le scénario *Ethanol Today* serait légèrement préférable à celui de *Cellulosic* (un facteur d'intrants pétroliers de 0.06 contre 0.08) ; cependant, le scénario d'*Ethanol Today* donne un résultat d'émissions de GES supérieures par rapport au scénario *Cellulosic* (77 contre 11), bien que les deux filières présentent des émissions de GES inférieures par rapport à la production d'essence. La conversion indirecte des terres tend à faire augmenter cette disparité, car elle est davantage susceptible de s'appliquer à l'éthanol extrait du maïs plutôt qu'à l'éthanol cellulosique (notamment si les déchets ou les résidus sont utilisés comme matières de base cellulosiques).

Figure 4 (haut) Production nette d'énergie et de gaz à effet de serre lors de la production d'essence, six études et trois scénarios. (Bas) Production nette d'énergie et intrants pétroliers dans une situation identique. Dans ces Figures, les triangles vides représentent les données relevées fondées sur des hypothèses incommensurables, tandis que les triangles pleins représentent des valeurs ajustées fondées sur des limites de système identiques. L'essence classique est indiquée par des cercles orange et les scénarios EBAMM sont indiqués par des carrés verts. Les émissions de GES indirectes dues au changement d'affectation des terres ne sont pas comprises dans ces calculs et pourraient entraîner une augmentation significative des émissions dues à la production d'éthanol extrait du maïs. Cette Figure est apparue la première fois dans l'ouvrage de Farrell *et al.* 2006.

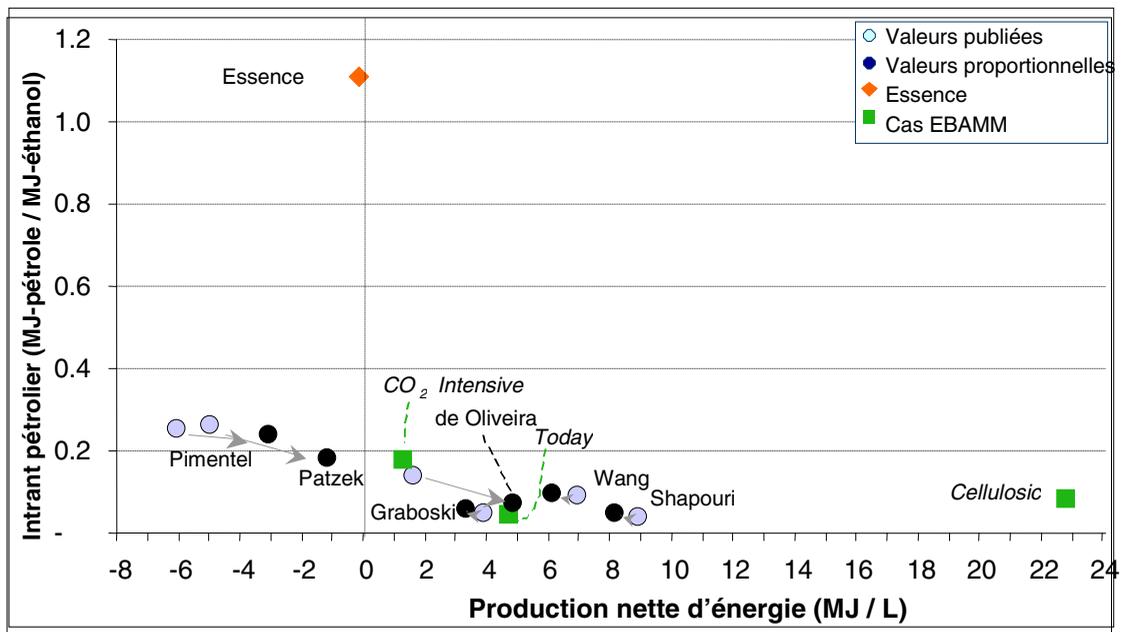
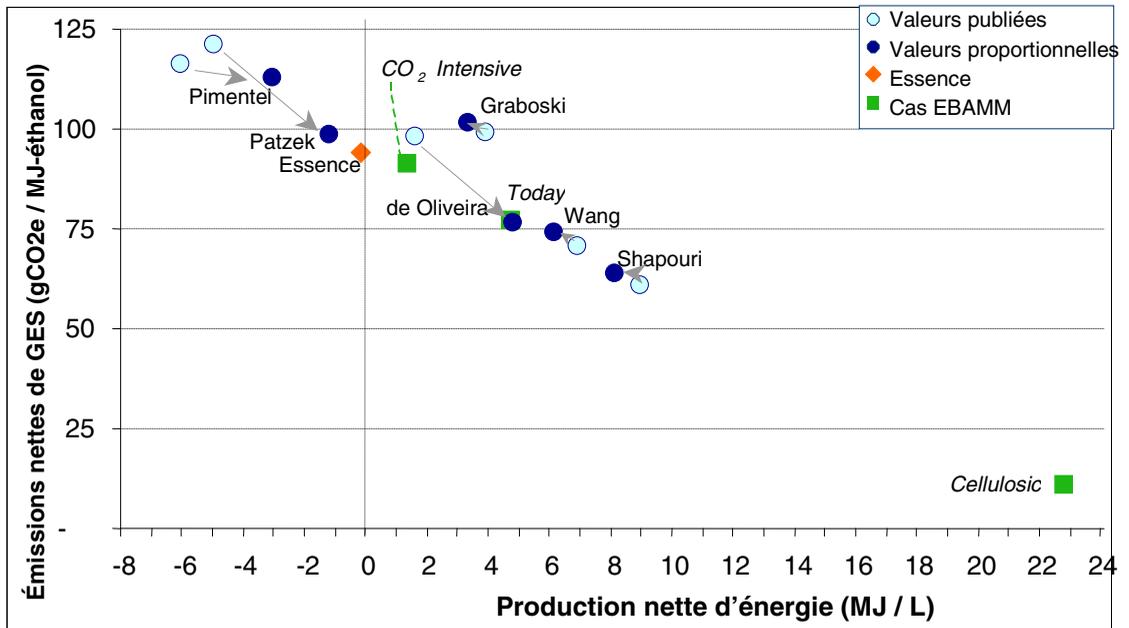
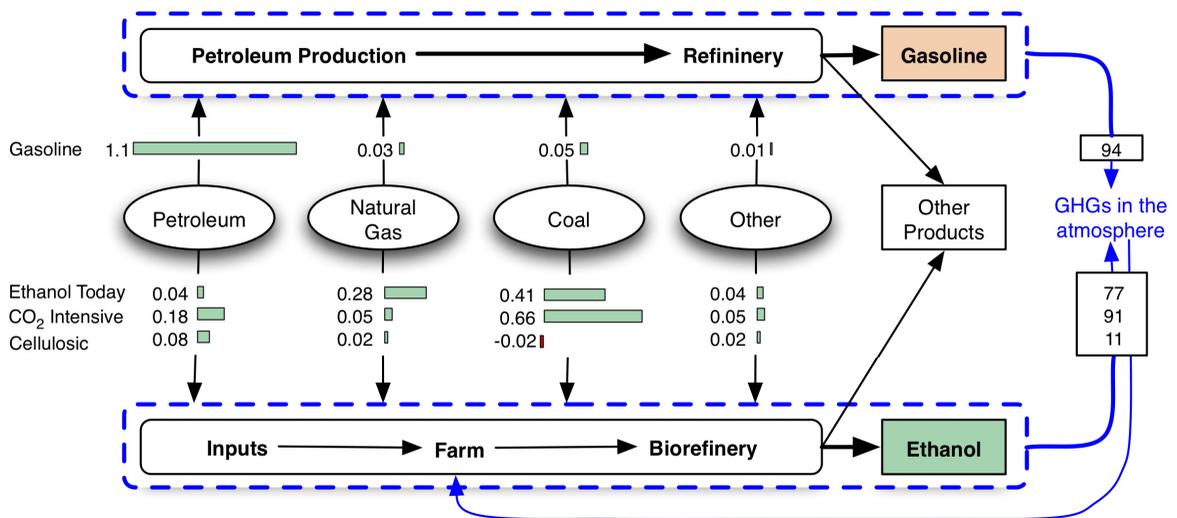


Figure 5. Différents critères d'évaluation possibles de l'éthanol à partir de l'intensité des intrants énergétiques primaires (MJ) par MJ de carburant et d'émissions nettes de gaz à effet de serre (équivalent kgCO₂) par MJ de carburant. Pour la production d'essence, tant les matières de base pétrolières que les intrants énergétiques pétroliers sont inclus. La catégorie « autres » comprend la production d'énergie nucléaire et hydroélectrique. Par rapport à la production d'essence, celle de l'éthanol aujourd'hui exige beaucoup moins de pétrole brut, mais beaucoup plus de gaz naturel et de charbon de bois. La production d'éthanol dans des bio-raffineries alimentées au lignite et éloignées du lieu de culture du maïs comporte une intensité de charbon élevée et une intensité de pétrole brut modérée. L'éthanol cellulosique devrait présenter une intensité extrêmement basse pour tous les combustibles fossiles et une intensité de charbon légèrement négative du fait de la vente d'électricité qui viendrait se substituer à celle de charbon. Les émissions de GES indirectes dues au changement d'affectation des terres ne sont pas comprises dans ces calculs et pourraient entraîner une augmentation significative des émissions dues à l'éthanol de maïs. Cette Figure est apparue la première fois dans l'ouvrage de Farrell *et al.* 2006.



Légende : Production de pétrole raffinerie essence

Essence

Pétrole Gaz naturel Charbon Autre Autres produits GES dans l'atmosphère Intrants ExploitationBioraffinerie Éthanol

Les émissions de GES dues à la conversion indirecte des terres sont imputables aux biocarburants produits à partir de matières de base cultivées sur des terres arables en concurrence avec la production alimentaire. Ces valeurs préliminaires et essentiellement illustratives sont présentées au Tableau 1 ci-dessus. Si l'on examine sous cet angle le changement d'affectation des terres indirect, l'éthanol produit à partir de broyeurs à charbon entraîne des émissions de GES *supérieures* à celles de l'essence. L'éthanol cellulosique examiné est l'E85, qui comprend de l'éthanol produit à partir de systèmes herbagés mixtes, décrit par Tilman *et al.* (2006). Dans ce cas, les émissions négatives de GES importantes s'appuient sur l'hypothèse que les herbages qui nécessitent très peu d'intrants (par exemple les engrais) sont cultivés sur des terres détériorées impropres à la production alimentaire.

Dans ce cas, le carbone est stocké par les plantes herbacées, dans leurs racines et dans le sol. Le carbone peut être ainsi piégé pendant de longues périodes, mais il peut risquer d'être libéré si la terre doit être à nouveau convertie pour l'agriculture conventionnelle. Cette technologie n'a pas encore fait ses preuves et prête à controverse. En outre, son rendement par unité de surface est relativement peu élevé à cause de la faible quantité d'intrants ; cependant, la quantité de terrains dégradés disponibles pour cette culture pourrait être élevée. Il convient toutefois de noter que les avantages que présente ce scénario reposent sur le principe que les terrains dégradés resteraient ainsi s'ils n'étaient pas utilisés. Or cette hypothèse n'est pas forcément plausible, car il est toujours possible de restaurer un terrain dégradé pour le ramener à un état « naturel » permettant même de stocker davantage de carbone que ne le ferait un système herbagé mixte². Au demeurant, l'étude sur la faisabilité technique et commerciale de cette approche et son éventuelle application selon des modalités n'imposant aucune contrainte supplémentaire pour la conversion d'écosystèmes naturels en cultures pour la production de biocarburant occupe une place très importante dans la recherche.

Notons que le stockage du carbone dans les racines et le sol est également possible pour d'autres systèmes de culture de biomasse, notamment le panic érigé (*Panicum virgatum*) et le miscanthus ou herbe à éléphant (*Miscanthus x giganteus*). Ces espèces peuvent se révéler plus productives que les herbages et donc plus rentables que le système proposé par Tilman *et al.* (2006), tout en présentant un très bon profil sous l'angle des émissions de GES. Des initiatives importantes en matière de recherche et développement dans le domaine de la biotechnologie sont actuellement en cours pour améliorer ces espèces en établissant éventuellement une concurrence entre la production de biocarburant à partir de cultures semi-naturelles et celle reposant sur la monoculture à grande échelle d'espèces génétiquement modifiées. Il est également important de comprendre, dans le cadre de la recherche, comment évaluer les coûts et les avantages correspondants.

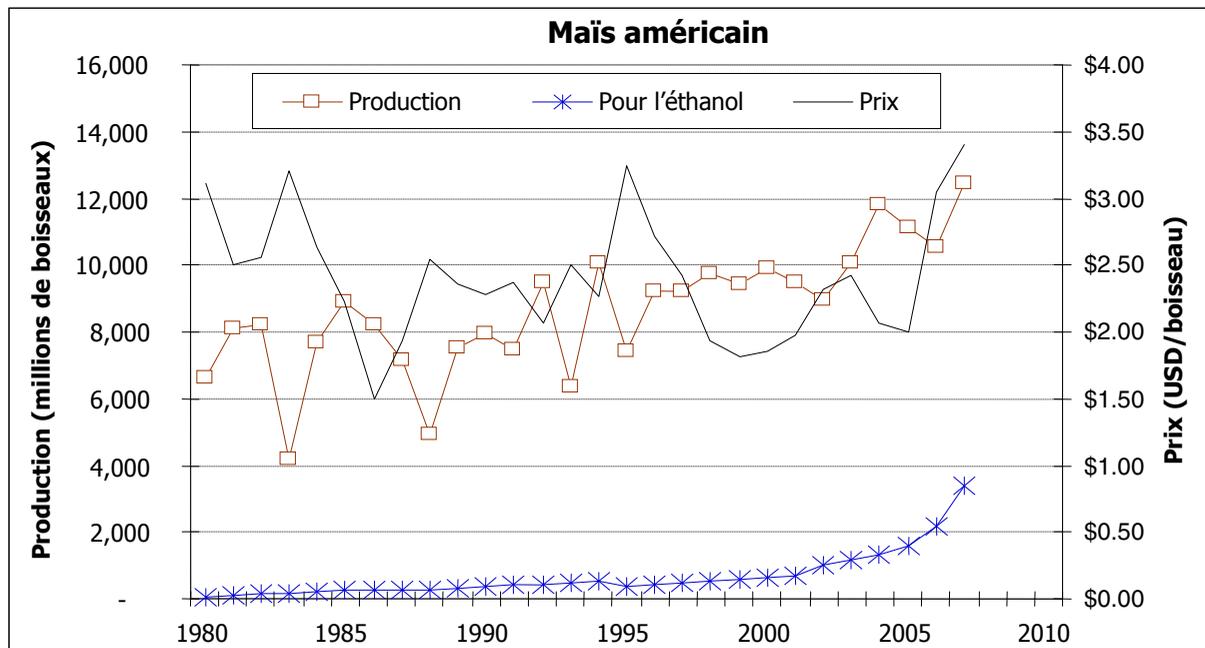
Il convient de remarquer en outre que les seules différences entre les scénarios relatifs à la production d'éthanol à partir du maïs résident dans la transformation de la biomasse ; toutes les autres étapes sont identiques dans les deux cas. Une meilleure représentation de la gamme d'émissions potentielles de GES associées à la production de matières de base et peut-être de la réduction de ces émissions indiquerait certainement des variations encore plus marquées.

5. DÉVELOPPEMENT DU MARCHÉ DES BIOCARBURANTS

La croissance de la demande globale de biocarburants (Figure 1) s'est traduite jusqu'ici par de fortes augmentations de l'échelle de production de l'éthanol et du biodiesel EMHV. L'incidence sur les prix dans les marchés de produits importants est un indicateur de l'ampleur de cette croissance. Prenons par exemple les changements sur les marchés du maïs aux États-Unis au cours du développement de l'industrie de l'éthanol (Figure 6). Depuis 1980, les prix moyens du maïs aux États-Unis ont dépassé le seuil de 3 USD le boisseau seulement cinq fois, notamment l'année dernière et cette année (prévision). Notons que dans les cas précédents (en 1980, 1983 et 1995), la hausse des prix du maïs s'est accompagnée d'un déclin marqué de la production. En revanche, en 2006 et 2007 (prévision), la hausse des prix devrait normalement s'accompagner d'une augmentation de la production. On prévoit en effet que tant les prix moyens du maïs que la production totale de maïs en 2007 établiront de nouveaux records. La demande supplémentaire de maïs de la part des producteurs d'éthanol fait augmenter les prix du maïs, car la nouvelle production de maïs entraîne une

hausse des coûts de production, due à la concurrence accrue avec d'autres modes d'utilisation des terres, à l'expansion des terres moins productives et à la nécessité d'utiliser des méthodes de production plus coûteuses. Étant donné que le maïs est un produit commercialisé mondialement et que le marché du maïs influence celui des autres produits agricoles comme le sucre et les aliments pour animaux, la hausse des prix du maïs tend à faire augmenter le prix des autres céréales. Au cours de ces dernières années, la demande de maïs provenant des producteurs d'éthanol a augmenté plus rapidement que la production totale de maïs aux États-Unis, contribuant ainsi à la baisse des exportations de maïs et à la hausse des coûts de l'alimentation animale.

Figure 6. **Production de maïs (à gauche) et prix du maïs (à droite) aux États-Unis**



Source : U.S. Department of Agriculture,
<http://www.ers.usda.gov/data/feedgrains/FeedGrainsQueryable.aspx>

La demande de matières de base pour la production d'éthanol a largement dépassé les prévisions. Les services des recherches économiques du Ministère de l'Agriculture américain signalent que la surface agricole utilisée pour le maïs en 2007 a augmenté de 11 pour cent, atteignant 87 millions d'hectares. Pas plus de deux ans auparavant, l'estimation la plus *optimiste* de la surface cultivée pour 2008 était inférieure à ce total. Nombre de prévisions récentes sur la production d'éthanol aux États-Unis indiquent que la production devrait *doubler* dans les quatre à six ans à venir. Les prévisions du Ministère de l'Agriculture américain illustrent un scénario classique.

Le maïs utilisé pour produire l'éthanol aux États-Unis continuera à voir sa production augmenter jusqu'en 2009-2010, après quoi on enregistrera une croissance plus lente dans les années à suivre. D'ici la fin des projections, la production d'éthanol dépassera les 12 milliards de gallons par an et utilisera plus de 4.3 milliards de boisseaux de maïs. La forte croissance de la production d'éthanol prévue reflète les dispositions de la Loi sur la politique énergétique de 2005 (« *Energy Policy Act* » ou

EPACT 2005), l'abandon de l'utilisation des MTBE en tant qu'additifs de l'essence, la construction continue d'installations de production d'éthanol et les incitations économiques découlant de la hausse continue des prix du pétrole (U.S. *Department of Agriculture* 2007).

Ces prévisions dépassent nettement les niveaux fixés à 7.5 millions de gallons d'ici 2012, comme le prévoit la norme sur les carburants et combustibles renouvelables, ou *Renewable Fuels Standard (RFS)*, intégrée à l'*Energy Policy Act* de 2005. Ce dépassement prévu des objectifs indique que la combinaison entre les prévisions des futurs prix du pétrole et les exigences en matière de composés oxygénés est le principal moteur de croissance.

Il est peu probable que la croissance de la production à partir des technologies actuelles de production de l'éthanol se poursuive à un rythme aussi soutenu sur le long terme, étant donné les innovations rapides concernant des biocarburants possédant des propriétés supérieures ainsi que les inquiétudes très sérieuses quant aux répercussions sur les coûts et l'environnement de la production actuelle de matières de base pour les biocarburants (Biofuelwatch, 2007). Il est difficile de prévoir avec précision la façon dont évolueront les marchés des biocarburants après 2010. Un cadre d'évaluation de la production potentielle de biocarburants, des effets sur les émissions de gaz à effet de serre, de la modification de l'utilisation des sols et des incidences socio-économiques sera nécessaire pour procéder à l'analyse coûts-avantages de la vaste panoplie de stratégies qui seront proposées et examinées dans le domaine des biocarburants dans les années à venir.

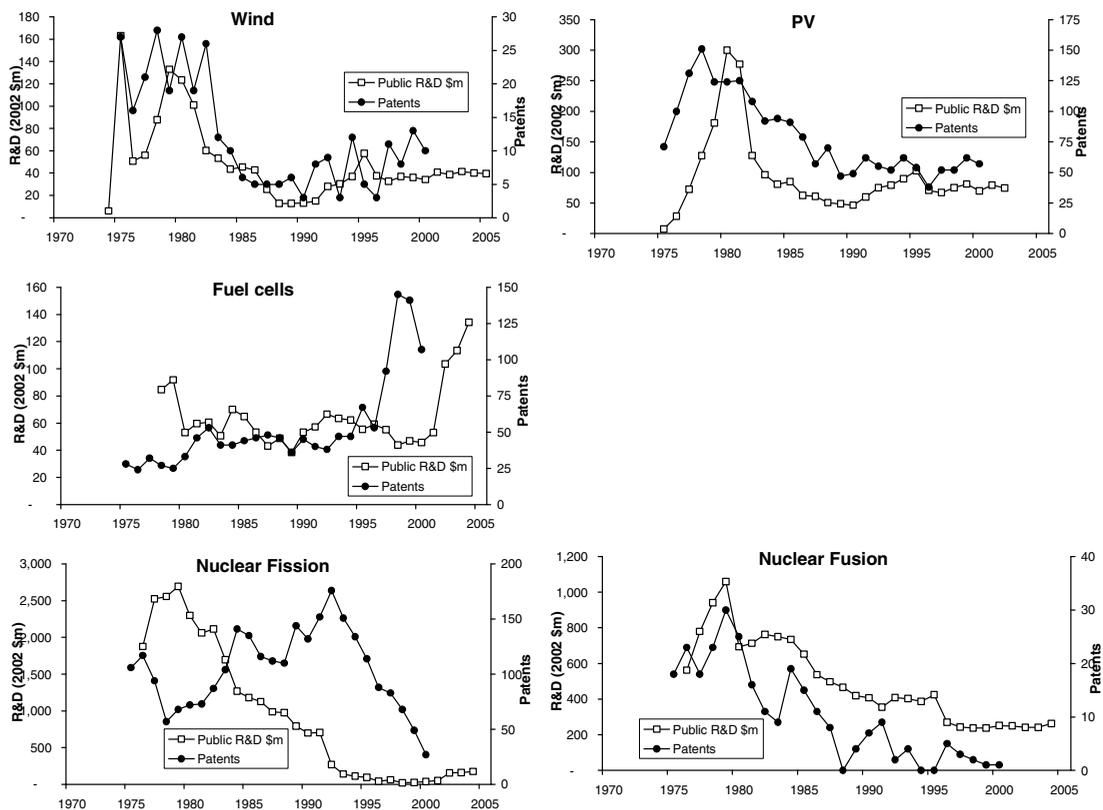
Durant ces dernières années, un ensemble de mécanismes de financement visant à faire progresser la science et à concevoir des technologies en mesure de produire un effet significatif sur les matières de base pour les biocarburants ainsi que sur les filières de production disponibles sur le marché s'est dégagé. Ces nouveaux investissements sont remarquables sous différents points de vue. Premièrement, ils comportent un engagement de fonds considérables – de l'ordre de plusieurs centaines de millions d'USD – qui dépasse de loin les programmes précédents. Deuxièmement, chaque investisseur s'engage dans un programme à long terme – les financements prévoient un horizon temporel de l'ordre de 5 à 10 ans. Troisièmement, ces dépenses sont engagées tant par le secteur public que privé. En outre, s'agissant des acteurs chargés de la mise en œuvre de la recherche, il est capital que les parties concernées par chaque initiative établissent des relations avec les différentes universités, les laboratoires publics, ainsi que les entreprises mûres ou nouvellement créées. La participation de cet ensemble diversifié d'acteurs offre des possibilités favorables, car elle permet de surmonter les obstacles au transfert de connaissances techniques dans le processus d'innovation, depuis la phase de la recherche préliminaire jusqu'à la commercialisation des produits.

6. LES BÉNÉFICES DE LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT : EXEMPLES D'INITIATIVES PRÉCÉDENTES

Les initiatives de ce type, et les autres actions qui existent ou qui naîtront à l'échelon mondial, offrent un potentiel considérable pour réaliser des innovations importantes, prometteuses et probablement stimulantes dans toute la filière de production, depuis la conception des cultures en laboratoire jusqu'à l'agronomie, la gestion des matières de base, la production de carburant et la conception des installations. La Figure 7 présente l'historique des dépenses en matière de recherche et développement pendant les 40 dernières années ainsi que la quantité de brevets déposés dans cinq

secteurs énergétiques (Kammen et Nemet, 2005). Dans quatre de ces secteurs, financements et dépôt de brevets sont étroitement liés, tandis que dans le cinquième secteur, à savoir celui de la fission nucléaire, la relation existe, mais le moratoire sur la construction de nouveaux réacteurs aux États-Unis a probablement entraîné certaines distorsions dans l'évolution technologique dans ce domaine.

Figure 7. Le nombre de brevets offre une mesure des résultats du processus d'innovation. Les chiffres sur les brevets déposés et délivrés aux États-Unis sont utilisés ici pour illustrer l'intensité des activités dans le domaine de l'innovation et indiquent de fortes correspondances entre la R-D du secteur public et le dépôt de brevets dans un ensemble diversifié de technologies énergétiques. Depuis le début des années 80, ces trois indicateurs – à savoir la R-D dans le secteur public, la R-D dans le secteur privé et le dépôt de brevets – affichent des tendances négatives marquées. Les données concernent uniquement les brevets américains délivrés à des inventeurs américains. Les brevets sont datés suivant l'année où ils sont déposés, afin d'éliminer les effets du retard entre le dépôt et l'approbation (source : Margolis et Kammen, 1999 ; Kammen et Nemet, 2005 ; Nemet et Kammen, 2007).



L'intérêt croissant récemment suscité par le secteur des biocarburants – notamment les augmentations spectaculaires de la production d'éthanol (Farrel *et al.*, 2006) – ainsi que l'intérêt considérable du secteur privé pour une gamme diversifiée de biocarburants, requiert une analyse analogue à celle de la Figure 7 dans le domaine des biocarburants. Les études réalisées précédemment (par exemple Evenson et Waggoner, 1979) ont montré qu'il existait une relation étroite entre les

initiatives – qu'il s'agisse de financement ou de nouveaux créneaux de marché – et l'innovation dans le secteur des biocarburants. Contrairement aux conclusions de nos travaux précédents sur l'énergie, qui indiquent qu'il existe seulement quelques possibilités de financement dans le secteur public (par exemple le Ministère américain de l'Énergie essentiellement), de multiples sources de financements peuvent être disponibles pour la recherche sur les biocarburants ou les bioproduits, et cette observation marque, selon nous, un premier passage, qui n'est cependant pas encore adapté à une action politique des pouvoirs publics, contrairement au cas examiné dans nos travaux précédents (Margolis et Kammen, 1999 ; Kammen et Nemet, 2005). Nous nous proposons de commencer l'évaluation à partir de ce stade et d'examiner les autres sources de financement possibles pour l'avenir, l'utilisation des aides financières pour le dépôt et l'application des brevets, afin de brosser un tableau précis des conséquences que pourraient laisser prévoir des augmentations spectaculaires de la production et de l'utilisation des biocarburants.

À titre d'exemple d'initiative financée par le secteur privé, l'université de Californie (Berkeley), en consortium avec le *Lawrence Berkeley National Laboratory* et l'Université de l'Illinois à Urbana Champaign, a créé un institut consacré aux biosciences de l'énergie, l'*Energy Biosciences Institute* (EBI) (<http://www.ebiweb.org/>). L'EBI a reçu de BP un financement de 500 millions USD sur une durée de dix ans et prévoit de concentrer ses activités sur l'analyse d'une vaste gamme de biocarburants et de filières de production ; le *Miscanthus Giganticus* (herbe à éléphant), plante en C4 à pousse rapide, est considéré à cet égard comme une culture prometteuse pour une première observation.

Dans le secteur public, le Ministère de l'Énergie américain a engagé 357 millions USD sur cinq ans pour mettre en place trois centres de recherche sur la bioénergie. Établis au *Lawrence Berkeley National Laboratory*, à l'*Oak Ridge National Laboratory* et à l'Université du Wisconsin, ces centres se consacreront à la recherche sur l'éthanol cellulosique et sur d'autres biocarburants dans le cadre de l'objectif national visant à réduire la consommation américaine d'essence de 20 pour cent d'ici les dix prochaines années.

Au sein de ce groupe, le *Joint Bioenergy Institute* (JBEI) du *Lawrence Berkeley National Laboratory* (<http://jbei.lbl.gov>) focalisera ses activités scientifiques principales sur trois domaines clés : la production de matières de base, la décomposition des matières lignocellulosiques en monomères utilisables et la synthèse des carburants. Le JBEI s'appuiera sur une stratégie opportuniste d'entreprise « *start-up* », en partenariat avec le secteur industriel, pour mettre au point de nouvelles sciences et technologies touchant aux étapes les plus délicates de la transformation industrielle de la bioénergie. Les technologies transversales de l'informatique, des systèmes et de la biologie de synthèse ainsi que les techniques d'imagerie avancée seront appliquées dans le cadre d'une approche à plusieurs niveaux pour la recherche de procédés de conversion de la biomasse en biocarburant, en parallèle avec les avantages déterminés par la découverte dans le domaine de la recherche sur le biohydrogène, l'utilisation de l'énergie solaire pour la production de carburant et les projets plus généraux du Ministère de l'Énergie.

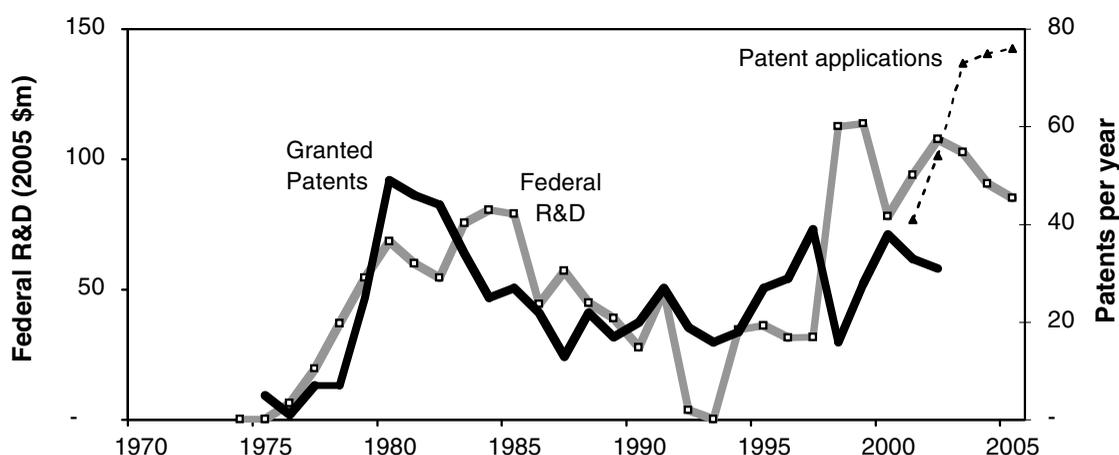
La branche du capital à risque, qui prévoit traditionnellement un rendement financier après trois à sept ans, a récemment commencé à investir lourdement dans les entreprises de biocarburants. Globalement, ce secteur a investi plus de 800 millions USD dans les entreprises de biocarburants en 2006, contre seulement 20 millions USD en 2005 et moins d'un million USD en 2004 (Makower and Pernick, *et al.*, 2007).

Ce type d'investissement présente un potentiel élevé pour la réalisation d'innovations importantes dans l'ensemble de la filière, depuis la conception des cultures en laboratoire jusqu'à l'agronomie des biocarburants, la gestion des matières de base, la production de carburant et la conception des installations.

Ces investissements massifs, à long terme et participatifs sont encourageants, mais ils ne représentent encore qu'un facteur du processus d'innovation. En fin de compte, les avantages pour le secteur agricole offerts par l'amélioration des biocarburants, la qualité de l'environnement et la réduction des importations de pétrole dépendront de l'efficacité des résultats produits par ces actions. Les études réalisées précédemment (par exemple Evenson et Waggoner, 1979) ont observé l'existence d'une relation étroite entre les initiatives – qu'il s'agisse de financement ou de nouveaux créneaux de marché – et l'innovation dans la branche des biocarburants. Dans le même esprit, d'autres travaux ont indiqué une forte relation entre les investissements de R-D et l'innovation, selon les mesures fournies par l'activité de dépôt de brevets (Margolis et Kammen 1999 ; Kammen et Nemet 2005). Étant donné la variété des nouvelles sources de financement apparues au cours des douze derniers mois seulement et la gamme des dispositifs et processus concernés par la production des biocarburants et décrits ci-dessus, la mesure est moins nette. Il n'est resté pas moins qu'à première vue, la relation entre investissements et production de biocarburants semble bien établie sur les trois dernières décennies. Comparons l'activité relative aux brevets dans le domaine de la bio-énergie³ et les investissements de R-D à l'échelon fédéral (Figure 8). Alors que l'on observe une volatilité d'année en année de l'activité de dépôt de brevets, la tendance générale de cette activité semble fortement corrélée aux dépenses de R-D à l'échelon fédéral. Cette analyse constitue une évaluation préliminaire. Par la suite, nous examinerons le plus vaste éventail des sources de financement qui ne se sont dégagées que récemment ainsi que les caractéristiques des modalités d'utilisation de ces sources et la façon dont les résultats sont brevetés, afin de dresser un tableau précis de la situation que pourraient laisser prévoir des augmentations spectaculaires dans la production et l'utilisation des biocarburants.

Un certain nombre de nouvelles cultures, notamment le panic érigé, le cèdre, le saule et d'autres espèces d'arbres à pousse rapide, ainsi que les résidus urbains solides et les algues sont actuellement étudiés et proposés comme matières de base potentielles pour les biocarburants. En outre, une vaste gamme de combustibles de production est envisagée parallèlement aux exemples habituellement cités du biodiesel et des mélanges essence-éthanol. Dans ce domaine de recherche et développement en rapide évolution, il est impératif de disposer d'un ensemble d'instruments pour évaluer le rendement potentiel des investissements dans la recherche ainsi que les avantages énergétiques et les effets sur les émissions de gaz à effet de serre des nouveaux combustibles.

Figure 8. Évaluation préliminaire des brevets américains et des dépenses de R-D à l'échelon fédéral dans le domaine de la bio-énergie. La ligne noire continue indique le nombre de brevets délivrés selon l'année où ils ont été déposés (axe de droite). La ligne noire pointillée indique les demandes de brevets récentes (axe de droite). La ligne grise indique les dépenses de R-D (axe de gauche). Alors que le nombre de catégories de recherche est nettement plus élevé dans les brevets du secteur agricole que dans ceux de l'énergie, nous avons concentré nos recherches de dépôts de brevets sur des chaînes de recherche portant sur l'association entre matières de base et carburants. En utilisant comme source de données la base de données bibliographique de l'U.S. *Patent and Trademark Office*, bureau américain des brevets et des marques de commerce (www.uspto.gov), nous avons lancé des recherches dans les résumés des brevets délivrés en saisissant les mots clés suivants : « biocarburants », « biodiesel », « gazéification de la biomasse », « énergie de la biomasse », « éthanol pour la production d'énergie », « éthanol cellulosique » (Nemet 2007 ; Nemet et Kammen, 2007 ; Nemet et Kammen, 2007a).



7. CONCLUSION

Le premier aspect caractérisant l'économie actuelle des biocarburants, mais aussi le plus évident et le plus décisif, est qu'elle est en plein mouvement et en évolution rapide. L'existence et la nature de l'industrie mondiale des biocarburants sont résolument la conséquence d'interventions des pouvoirs publics motivées et largement justifiées comme instruments de soutien à l'agriculture, mais s'accompagnent d'une préoccupation croissante concernant les effets environnementaux. Ces forces ne sont pas nécessairement conciliables. Si cette situation persiste, on assistera probablement à une montée des tensions entre les différentes politiques et à l'amplification des problèmes liés à l'évaluation des biocarburants par rapport aux autres formes d'énergie et à l'existence des biocarburants eux-mêmes, étant donné qu'ils ont une incidence sur l'utilisation des sols, sur les réserves de terres pour la nature et sur les moyens d'existence des pauvres.

Pour résoudre le conflit entre politiques, idées, analyses économiques et objectifs environnementaux, un ensemble de méthodologies d'évaluation précises ainsi qu'une accessibilité ouverte et de qualité aux données seront nécessaires. La première étape fondamentale est la conception, l'accès public et l'instauration d'un dialogue sur les modèles et les instruments utilisés pour évaluer les impacts, les coûts et les avantages des biocarburants. Sur le plan méthodologique, plusieurs approches existent désormais pour examiner la teneur énergétique et l'effet sur les émissions de gaz à effet de serre des biocarburants. Ces approches sont déjà en train de devenir des instruments stratégiques à travers l'élaboration de normes sur les carburants à faible teneur en carbone et les combustibles renouvelables obligatoires (quotas). La prochaine étape déterminante consiste à faire évoluer les modèles, afin qu'ils reflètent, non seulement la viabilité du carbone, mais aussi la durabilité écologique et culturelle pour les pays riches et pauvres et les collectivités.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié de subventions accordées par l'*Energy Foundation* (à DMK et AEF), la *National Science Foundation* (à RJP), l'*U. S. Environmental Protection Agency* (à ADJ), la « *Class of 1935 of the University of California* (à DMK), Berkeley, et le *Renewable and Appropriate Energy Laboratory* soutenu par la *Karsten Family Foundation* (à DMK).

NOTES

1. Dans le contexte de l'ACV des biocarburants, la méthode fondée sur le remplacement a tout d'abord été structurée et appliquée par Delucchi (1991, 1993), puis elle a été utilisée de façon plus approfondie par Graboski (2002) et Kim et Dale (2002).
2. Dans cet ordre d'idées, Marland et Schlamadinger (1995) font remarquer que les systèmes de production de biocarburant exigent l'engagement de ressources considérables (terre) et qu'une évaluation des émissions de gaz à effet de serre devrait prendre en compte d'autres possibilités d'utilisation des terres pour minimiser les émissions nettes de gaz à effet de serre (p. 1136).
3. Notre définition de la « bioénergie » englobe l'utilisation de matériel biologique pour la production d'électricité et de carburants pour le transport. Les termes utilisés pour les recherches sur les brevets reflètent cette définition.

RÉFÉRENCES

Arons, S. R., Brandt, A. R., Delucchi, M., Eggert, A., Farrell, A. E., Haya, B. , Hughes, J., Jenkins, B., Jones, A. D., Kammen, D. M., Knittel, C. R., Lemoine, D. M., Martin, E. W., Melaina, M., Ogden, J. M., Plevin, R., Sperling, D., Turner, B. T., Williams, R. B. et Yang, C. (2007) *A Low-Carbon Fuel Standard for California Part 1: Technical Analysis* (Office of the Governor / Air Resources Board).

Biofuelwatch (2007) "Open Letter: We call on the EU to abandon targets for biofuel use in Europe". 14 <http://www.biofuelwatch.org.uk/2007Jan31-openletterbiofuels.pdf>.

BP (2007) "Statistical Review Of World Energy". The British Petroleum Company, plc, www.bp.com.

A. R. Brandt, A. Eggert, A. E. Farrell, B. K. Haya, J. Hughes, B. Jenkins, A. D. Jones, D. M. Kammen, C. R. Knittel, M. Melaina, M. O'Hare, R. Plevin, D. Sperling (2007) *A Low-Carbon Fuel Standard for California Part 2: Policy Analysis* (Office of the Governor/Air Resources Board).

Brandt, A. R. et A. E. Farrell (2007). "Scraping the bottom of the barrel: CO₂ emissions consequences of a transition to low-quality and synthetic petroleum resources". Climatic Change, à paraître.

W. G. Colella, M. Z. Jacobson, D. M. Golden (2005) "Switching to a U. S. Hydrogen Fuel Cell Vehicle Fleet: the Resultant Change in Emissions, Energy Use, and Greenhouse Gases". Journal of Power Sources 150: 150-181.

CONCAWE, EUCAR (European Council for Automotive Research and Development), ECJRC (European Commission Joint Research Centre) (2004). *Well-To-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context*, Well-to-Wheels Report, Version 1b, January. Available on the web at <http://ies.jrc.cec.eu.int/Download/eh>. Version 2b, Mise à jour de mai 2006 accessible à: <http://ies.jrc.cec.eu.int/wtw.html>.

Delucchi, M. A. (2003). *A Lifecycle Emissions Model (LEM): Lifecycle Emissions from Transportation Fuels, Motor Vehicles, Transportation Modes, Electricity Use, Heating and Cooking Fuels, and Materials*, UCD-ITS-RR-03-17, Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, décembre. www.its.ucdavis.edu/people/faculty/delucchi.

Delucchi, M. A. (2003a). *Appendix D: CO₂ Equivalency Factors*. UCD-ITS-RR-03-17D, Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, décembre. www.its.ucdavis.edu/people/faculty/delucchi.

Delucchi, M. A. (2004). *Conceptual and Methodological Issues in Lifecycle Analyses of Transportation Fuels*. Institute of Transportation Studies. Davis, University of California: 25.

Fuels and Motor Vehicles. UC Davis Institute of Transportation Studies, 199 www.its.ucdavis.edu/people/faculty/delucchi/.

Delucchi, M. A. (2006). *"Lifecycle Analysis of Biofuels"*. Report UCD-ITS-RR-06-08. Institute of Transportation Studies, University of California, Davis. Mai. www.its.ucdavis.edu/people/faculty/delucchi.

Deluchi, M. A. (1991). *Emissions of Greenhouse Gases from the Use of Transportation Fuels and Electricity*, ANL/ESD/TM-22, Volume 1, Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, novembre.

Deluchi, M. A. (1993). *Emissions of Greenhouse Gases from the Use of Transportation Fuels and Electricity*, ANL/ESD/TM-22, Volume 2, Appendices A-S, Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, novembre. http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti_id=10119540.

Demirbas, A. (2007). *"Progress and recent trends in biofuels"*. Progress in Energy and Combustion Science 33(1): 1-18.

Dias de Oliveira, M. E., B. E. Vaughan, *et al.* (2005). *"Ethanol as fuels: Energy, carbon dioxide balances, and ecological footprint"*. Bioscience 55(7): 593-602.

EPRI (2002) *"Comparing the Benefits and Impacts of Hybrid Electric Vehicle Options for Compact Sedan and Sport Utility Vehicles"*. EPRI, 86 http://www.evworld.com/library/EPRI_sedan_options.pdf.

Farrell A. E., Plevin, R. J. Turner, B. T., Jones, A. D. O'Hare, M. et Kammen, D. M. (2006) *"Ethanol can contribute to energy and environmental goals"*, Science, 311, 506 – 508.

Feddema, J. J., K. W. Oleson, *et al.* (2005). *"The importance of land-cover change in simulating future climates"*. Science 310(5754): 1674-1678.

Food and Agricultural Policy Research Institute (2005) *"Implications of Increased Ethanol Production for U.S. Agriculture"*. University of Missouri, 28.

Graboski, M. (2002) *"Fossil Energy Use in the Manufacture of Corn Ethanol"*. National Corn Growers Association, 108 www.ncga.com/ethanol/pdfs/energy_balance_report_final_R1.PDF.

Gray, K. A. (2007). *"Cellulosic ethanol - state of the technology"*. International Sugar Journal 109(1299): 145.

Jones, C. M., Kammen, D. M. et Horvath, A. (2007) *"Driving Sustainable Consumption through Environmental Accounting of Retail Goods and Services"*. Environmental Science & Technology, en cours de révision.

Hendrickson, C. T., L. B. Lave, H. S. Matthews, *Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services: An Input-Output Approach* (Resources for the Future Press, Washington, D.C., 2006).

Houghton, R. A. (1999). *"The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990*"*. Tellus_B 51(2): 298-313.

Houghton, R. A. et J. L. Hackler, *Carbon Flux to the Atmosphere from Land-Use Changes: 1850 to 1990*, ORNL/CDIAC-131, NDP-050/R1, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee (2001). <http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/ndp050/ndp050.pdf>.

International Standards Organization (2006) "*ISO 14040: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework*". International Standards Organization.

Kalogo, Y., S. Habibi, *et al.* (2006). "*Environmental Implications of Municipal Solid Waste-Derived Ethanol*". Environ. Science Technology (ES&T).

Kammen, D. M. (2007) "*Transportation's Next Big Thing is Already Here*", May, GreenBiz.com, Climate Wise. URL: http://www.greenbiz.com/news/columns_third.cfm?NewsID=35189.

Kammen, D. M. et G. F. Nemet (2005). "*Reversing the Incredible Shrinking Energy R&D Budget*". Issues In Science and Technology Fall: 84-88.

Kilman, S. (2006). *DuPont-BP Venture Will Make Competing Product to Ethanol*. Wall Street Journal. New York City: A2.

Kim, S. et B. Dale (2002). "*Allocation procedure in ethanol production system from corn grain*". International Journal of Life Cycle Assessment 7(4): 237-243.

Kløverpris, J., H. Wenzel, et P. H. Nielsen, "*Life Cycle Inventory Modelling of Land Use Induced by Crop Consumption*", submitted to the International Journal of Life Cycle Assessment, Mars (2007). www.scientificjournals.com/sj/lca/Abstract/ArtikelId/9080.

Lewandowski, I. et U. Schmidt (2006). "*Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach*". Agriculture Ecosystems & Environment 112(4): 335-346.

Lotero, E., Y. J. Liu, *et al.* (2005). "*Synthesis of biodiesel via acid catalysis*". *Industrial & Engineering Chemistry Research* 44(14): 5353-5363.

Makower, J., R. Pernick, *et al.*, (2007). *Clean Energy Trends 2007*, Clean Edge, Inc. and Nth Power LLC.

Margolis, R. M. et D. M. Kammen (1999). "*Underinvestment: The energy technology and R&D policy challenge*". Science 285: 690-692.

Marland, G., R. A. Pielke, *et al.* (2003). "*The climatic impacts of land surface change and carbon management, and the implications for climate-change mitigation policy*". Climate Policy 3(2): 149-157.

G. Marland et B. Schlamadinger (1995). "*Biomass Fuels and Forest-Management Strategies: How Do We Calculate the Greenhouse-Gas Emissions Benefits?*". Energy 20: 1131-1140.

Mathews, J. A. (2007). "*Biofuels: What a Biopact between North and South could achieve*". Energy Policy, in press.

Matthews, H. S. et M. J. Small (2001). "*Extending the Boundaries of Life-Cycle Assessment Through Environmental Economic Input-Output Models*". *Journal of Industrial Ecology* 4: 7-10.

Menon, S., J. Hansen, *et al.* (2002). "*Climate effects of black carbon aerosols in China and India*". *Science* 297(5590): 2250-2253.

Mohan, D., C. U. Pittman, *et al.* (2006). "*Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review*". *Energy & Fuels* 20(3): 848-889.

Nemet, G. F. (2007). *Policy and Innovation in Low-Carbon Energy Technologies*. Energy and Resources Group. Berkeley, University of California. Ph.D.: 249.

Nemet, G. F. et D. M. Kammen (2007). "*U.S. energy research and development: Declining investment, increasing need, and the feasibility of expansion*". *Energy Policy* 35(1): 746-755.

Nemet, G. F. et Kammen (2007a) "*Are we entering a new phase of energy research?*", en préparation.

Patzek, T. (2004). "*Thermodynamics of the Corn-Ethanol Biofuel Cycle*". *Critical Reviews in Plant Sciences* 23(6): 519-567.

Pennington, D. W., J. Potting, *et al.* (2004). "*Life cycle assessment Part 2: Current impact assessment practice*". *Environment International* 30(5): 721-739.

Pimentel, D. et T. Patzek (2005). "*Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower*". *Natural Resources Research* 14(1): 65-76.

Rebitzer, G., T. Ekvall, *et al.* (2004). "*Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications*". *Environment International* 30(5): 701-720.

Schimel, D. S., J. I. House, *et al.* (2001). "Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems." *Nature* 414(6860): 169-172.

Shapouri, H., J. A. Duffield, *et al.* (2004). *The 2001 Net Energy Balance of Corn-Ethanol*. Corn Utilization and Technology Conference, Indianapolis.

Stephanopoulos, G. (2007). "*Challenges in engineering microbes for biofuels production*". *Science* 315(5813): 801-804.

Tilman, D. A., J. Hill, *et al.* (2006). "*Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass*". *Science* 314: 1598-1600.

Turner, B. T., R. J. Plevin, *et al.* (2007) "*Creating Markets for Green Biofuels*". University of California, 62 <http://repositories.cdlib.org/its/tsrc/UCB-ITS-TSRC-RR-2007-1/>.

U.S. Department of Agriculture (2007) "*USDA Agricultural Projections to 2016*". Economic Research Service, 110
http://www.usda.gov/oce/commodity/archive_projections/USDA%20Agricultural%20Projections%20to%202016.pdf.

Wang, M. (2001) "*Development and Use of GREET 1.6 Fuel-Cycle Model for Transportation Fuels and Vehicle Technologies*". Argonne National Laboratory, Center for Transportation Research, 218 <http://www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/1>.

AIDES : DISTORSION DU BILAN ÉCONOMIQUE DES BIOCARBURANTS

Ronald STEENBLIK
Initiative Mondiale sur les Subventions (IMS)
de l'Institut International du Développement Durable (IIDD)
GENÈVE
SUISSE

Note: Une version antérieure du présent rapport a été présentée lors de l'*Atelier de l'OCDE sur l'analyse des politiques bioénergétiques* (Umea, Suède, 22 et 23 janvier 2007). L'auteur remercie Mme Tara Laan de l'aide qu'elle lui a apportée dans l'établissement de bon nombre des graphiques qui illustrent le rapport.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	87
1. INTRODUCTION.....	87
2. APERÇU DU SECTEUR DES BIOCARBURANTS LIQUIDES.....	88
2.1. Aperçu global.....	88
2.2. Régime de propriété des capacités de production.....	90
2.3. Coût actuel et futur de production.....	93
2.4. Rapports entre les prix des biocarburants, des produits pétroliers et des produits agricoles.....	100
3. AIDES PUBLIQUES AUX BIOCARBURANTS LIQUIDES.....	103
3.1. Clé de compréhension de l'aide au secteur.....	103
3.2. Aides actuelles à l'éthanol et au biodiesel.....	105
4. MARCHÉS INTERNATIONAUX ET OBSTACLES AUX ÉCHANGES.....	115
4.1. Barrières tarifaires.....	116
4.2. Barrières non tarifaires.....	117
4.3. Évolution future de la politique commerciale.....	123
5. IMPLICATIONS POLITIQUES.....	125
5.1. Impacts sur les marchés agricoles.....	125
5.2. Politique énergétique.....	126
5.3. Politique environnementale.....	128
5.4. Politique des transports et fiscalité connexe.....	130
6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	132
NOTES.....	134
ANNEXE.....	136
BIBLIOGRAPHIE.....	141

Paris, mai 2007

RÉSUMÉ

Les pouvoirs publics ont pesé sur le développement des bioénergies, notamment sur celui des biocarburants liquides (éthanol, biodiesel et huile végétale vierge utilisée comme carburant) pendant plusieurs décennies. Le présent rapport traite du bilan économique des biocarburants et passe en revue les mesures prises pour en soutenir la production et la consommation. Il analyse aussi l'interaction des mesures prises en faveur des biocarburants avec les politiques agricole, énergétique et environnementale ainsi qu'avec la politique des transports et tente de cerner la contribution des biocarburants à la poursuite des objectifs fixés dans ces domaines. Il se termine par diverses recommandations et observations.

Mots clés : biocarburants, éthanol, biodiesel, coûts, subventions, barrières aux échanges.

1. INTRODUCTION

Les partisans des carburants liquides rappellent fréquemment que l'éthanol et l'huile végétale vierge ont servi de carburant automobile aux premiers jours du moteur à combustion interne avant d'être supplantés quelques années plus tard par l'essence et le gazole tirés du pétrole (Dimitri et Effland, 2007). Les biocarburants n'ont commencé à se poser en concurrents sérieux de ces carburants pétroliers qu'au cours des deux dernières décennies, et plus précisément depuis 2003 quand le cours du baril de pétrole brut s'est mis à dépasser 30 \$ US.

A l'heure actuelle, il se produit environ 60 milliards de litres d'éthanol par an de par le monde et la tendance est nettement à la hausse. Le Brésil était jusqu'il y a peu le plus grand producteur du monde, mais les États-Unis se sont retrouvés presque à égalité avec lui en 2005 et devraient s'être hissés au premier rang en 2006 et 2007. L'Inde et plusieurs pays membres de l'Union Européenne sont également des producteurs importants. Le biodiesel n'a fait son apparition que pendant les années 90 et les quantités de biodiesel produites, environ 5 milliards de litres en 2006, restent loin en deçà des quantités d'éthanol. Sa production annuelle affiche toutefois un taux de progression soutenu, à deux chiffres, et des nouveaux pays viennent tous les ans grossir les rangs des grands producteurs.

Ces secteurs ne sont cependant pas un produit du jeu des forces du marché. La production et la demande de biocarburants ont été et sont toujours modelées en profondeur par la politique, tant réglementaire que financière, menée par les pouvoirs publics.

Le soutien apporté aux biocarburants est aujourd'hui lié à la production et se concrétise pour l'essentiel par une exonération ou une réduction des taxes qui continuent à frapper l'essence et le gazole ou encore (aux États-Unis notamment) par des crédits d'impôt. Le soutien dont le secteur bénéficie dans les pays de l'OCDE est déjà de l'ordre des 10 milliards \$ par an, alors que ces deux carburants représentent moins de 3 pour cent de la demande totale de carburants liquides venant des transports. Il faudrait, pour porter leur pourcentage à 30 pour cent (c'est-à-dire au niveau que suggèrent souvent leurs partisans) sans modifier radicalement le système de soutien actuel et sans réduire fortement la demande, les soutenir à hauteur de 100 milliards \$ par an ou, en d'autres termes, amener l'aide dont ils bénéficient à un niveau proche de celui qu'atteint aujourd'hui l'aide apportée par les pays de l'OCDE à tout leur secteur agricole.

Pour aider les responsables politiques à mieux comprendre l'ampleur, l'orientation et la cohérence des politiques publiques de soutien des biocarburants liquides, l'Initiative Mondiale sur les Subventions, un nouveau programme de l'Institut International du Développement Durable, a étudié en 2006 les politiques de soutien de cinq pays membres de l'OCDE et du Brésil. L'étude américaine a été publiée en octobre 2006 et les autres suivront en 2007 et 2008.

Le présent rapport braque les projecteurs sur les principales aides analysées dans ces études et attire l'attention sur le grand nombre de celles qui varient en fonction du volume de la production ou des ventes. Il examine ensuite certaines des interrelations qui existent entre ces aides et les objectifs poursuivis dans d'autres domaines affectés par la politique publique de soutien des biocarburants.

2. APERÇU DU SECTEUR DES BIOCARBURANTS LIQUIDES

Il est utile, pour comprendre l'économie politique des aides publiques aux biocarburants, d'analyser le régime de propriété et la structure des coûts du secteur. Pour cadrer cette analyse, le chapitre commence par un aperçu de la production des différents pays étudiés.

2.1. Aperçu global

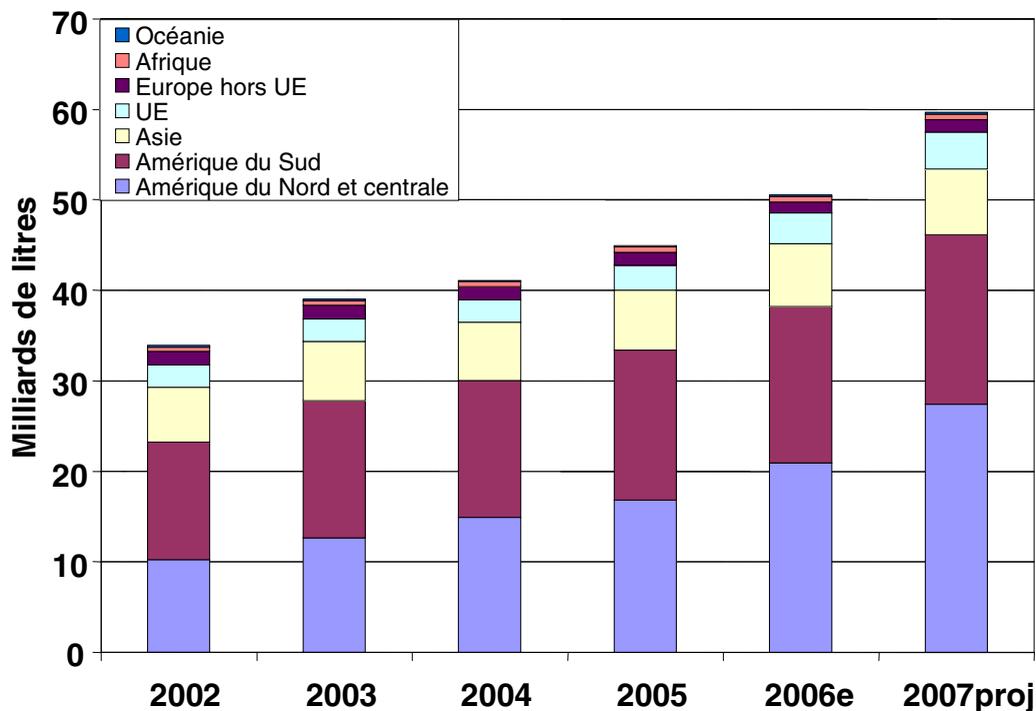
2.1.1. *Bioéthanol*

A l'heure actuelle, il se produit environ 60 milliards de litres d'éthanol par an de par le monde (Figure 1). Le Brésil était jusqu'il y a peu le plus grand producteur du monde, mais les États-Unis se sont retrouvés presque à égalité avec lui en 2005 et devraient s'être hissés au premier rang en 2006 et 2007. La Chine occupe, loin derrière les deux premiers, une troisième place importante dans le classement mondial où elle est suivie par l'Inde, l'Allemagne, l'Espagne et la France.

Les pays tropicaux produisent pour la plupart l'éthanol au départ du sucre tiré de la canne à sucre ou des molasses et, dans une nettement moindre mesure, du sorgho doux ou du manioc. Dans les pays à climat tempéré, la production s'appuie en grande partie sur les céréales riches en amidon telles que le maïs aux États-Unis ou le froment, l'orge et le sorgho ailleurs. L'exception est constituée par l'Europe qui tire de l'éthanol du sucre de betterave.

La production de carburant éthanol a débuté plus tard en Suisse que dans d'autres pays (en 2005) notamment parce que le prix de son sucre et de ses féculents est élevé, mais aussi parce qu'une loi restée en vigueur jusqu'en 1997 excluait en fait toute production d'éthanol au départ de céréales. La Suisse se distingue d'autres pays par le fait qu'elle tire toute sa production (un peu moins de 1 million de litres en 2005) de la cellulose du bois. Le Japon importe de France des petites quantités d'oxyde d'éthyle et de tert-butyle, un additif pro-octane oxygéné dérivé de l'éthanol, et ne produit lui-même que très peu d'éthanol carburant. Le Gouvernement japonais s'est néanmoins donné pour objectif de porter la consommation de biocarburants à 6 milliards de litres, soit 10 pour cent environ de la consommation des transports, et étudie comment en tirer une grande partie de sources nationales (Siu, 2007).

Figure 1. Répartition de la production d'éthanol par région du monde (2002-2007)

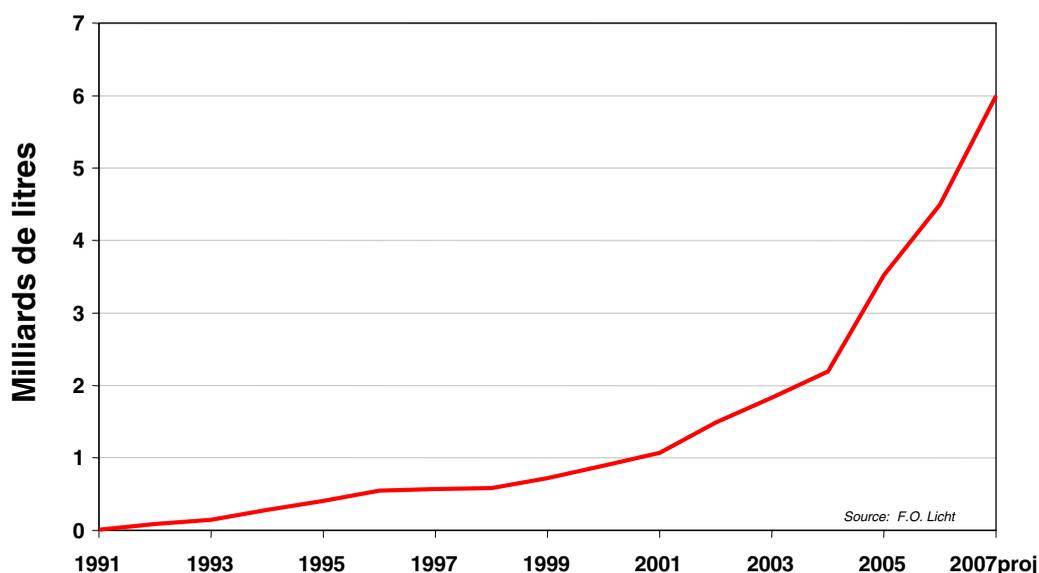


Source : Chiffres de FO Licht.

2.1.2. Biodiesel

Le biodiesel est produit en quantités commercialisables depuis le début des années 90 dans l'Union Européenne, et depuis un peu plus tard en Suisse, au départ principalement d'huiles végétales vierges tirées en règle générale du colza et du tournesol. Quelques petites usines de recyclage d'huiles alimentaires usagées (moins de 5 millions de litres par an) ont commencé à sortir de terre dans d'autres pays de l'OCDE à partir de la fin des années 90. Ce secteur est resté insignifiant en dehors de l'Europe jusque 2004 environ, mais plusieurs pays se sont alors mis à soutenir son développement et les nouvelles capacités se sont rapidement succédées en Amérique du Nord, en Asie du Sud-Est et au Brésil (Figure 2).

Figure 2. Répartition de la production de biodiesel par région du monde (1991-2007)



Source : Chiffres de FO Licht.

Il continue à se construire des usines de recyclage d'huiles usagées ainsi que quelques grandes usines qui utilisent des graisses animales ou même de l'huile de poisson comme matières de base, mais la plus grande partie des nouvelles capacités est conçue pour traiter des huiles végétales vierges. L'Argentine, le Brésil et les États-Unis donnent la préférence à l'huile de soya, le Canada, l'Union Européenne, la Suisse, la Russie et l'Europe orientale à l'huile de colza et la Malaisie ainsi que l'Indonésie à l'huile de palme. Dans d'autres pays, les pouvoirs publics et les entreprises privées essaient de tirer du biodiesel de plantes fixatrices d'azote et résistantes à la sécheresse telles que le *Jatropha* ou le *Jajoba* qui produisent de l'huile non comestible¹.

2.2. Régime de propriété des capacités de production

Eu égard au développement accéléré du secteur des biocarburants et à la fraction relativement réduite du produit fini qui aboutit dans le circuit des échanges internationaux, ce marché reste fragmenté et moins intégré verticalement que le secteur pétrolier auquel il est fréquemment comparé.

2.2.1. Production des matières de base

Les végétaux utilisés comme matières de base pour la production de biocarburants sont cultivés par des centaines de milliers de paysans de par le monde. La répartition par taille de leurs exploitations n'est pas connue, mais il n'y a aucune raison de penser qu'elle diffère de celle des végétaux récoltés.

Les plantations de canne à sucre sont plus grandes que les exploitations qui cultivent des betteraves sucrières, des céréales riches en amidon telles que le maïs et le froment ainsi que des oléagineux. Elles sont toutes aussi plus grandes que les exploitations horticoles. La culture de la canne

à sucre se pratique généralement en monoculture, tandis que le maïs (pour l'éthanol) et le soya (pour le biodiesel) sont fréquemment cultivés en alternance sur les mêmes terres, comme aussi le froment, les betteraves sucrières et les oléagineux.

Les autres fournisseurs de matières de base sont les entreprises, généralement petites et locales, qui collectent les huiles et autres matières grasses usagées.

2.2.2. *Fabrication des biocarburants*

Les quelques entreprises qui tiennent le haut du pavé sont Archer Daniels Midland (ADM), Bunge, Cargill et Louis Dreyfus. ADM est non seulement le plus grand producteur d'éthanol des États-Unis, mais aussi le deuxième producteur de biodiesel dans l'Union Européenne. Il a aussi des usines au Brésil.

Peu d'autres entreprises ont une présence internationale comparable à celle de ces géants de l'agroalimentaire, quoique le nombre d'entreprises actives dans plus d'un pays augmente rapidement. Tel est le cas de la Golden Hope malaisienne (présente aussi aux Pays-Bas), de l'Abengoa espagnole (présente aux États-Unis) et de la Tereos française (présente au Brésil).

Fabrication de l'éthanol

Comme le bioéthanol est essentiellement un sous-produit ou un produit alternatif issu du traitement du sucre et des plantes riches en amidon, la majorité des usines où il est produit appartiennent jusqu'ici à des grosses entreprises du secteur agroalimentaire.

Au *Brésil*, le pays qui était jusqu'il y a peu le plus grand producteur de bioéthanol du monde, la production est entre les mains d'entreprises verticalement intégrées capables de faire alterner la production de sucre et d'éthanol en réponse aux fluctuations des prix de marché. La plupart de ces entreprises continuent à perfectionner les techniques et la logistique de la production et de la distribution d'éthanol.

Aux *États-Unis*, le secteur est passé par plusieurs phases d'expansion et de regroupement, mais a toujours été dominé par ADM et une poignée d'autres géants de l'agroalimentaire. La politique qui vise à encourager les agriculteurs à exercer des activités génératrices de valeur ajoutée a toutefois pour conséquence que le nombre d'usines appartenant à des coopératives agricoles reste important. Dans l'*Union Européenne*, l'éthanol est tiré de diverses sources, dont les betteraves sucrières, les céréales (maïs et froment), les pommes de terre et le vin, par des entreprises qui appartiennent en majorité au secteur agricole. Le *Canada* ne comptait jusqu'il y a peu que quelques producteurs d'éthanol et la production totale y était réduite. Cette production est le fait d'entreprises agroalimentaires, mais quelques pétroliers, notamment Husky Oil, ont commencé à les rejoindre. En *Australie*, l'éthanol est tiré des molasses et de céréales déclassées. Les producteurs dominants sont des sucreries.

Borregaard, une entreprise norvégienne, est le seul producteur de bioéthanol en *Suisse*. Ses installations actuelles lui permettraient de produire davantage d'éthanol, mais elle envisage quand même de construire une nouvelle "bio-raffinerie" pour augmenter sa production, à la condition toutefois qu'une modification des lois en vigueur défiscalise le bioéthanol.

Fabrication du biodiesel

Le secteur du biodiesel peut être dit bipolaire en ce sens qu'il se divise entre quelques grands producteurs industriels, d'une part, et un grand nombre de très petites entreprises, souvent locales, appartenant à des agriculteurs, d'autre part.

Dans l'*Union Européenne*, le *European Biodiesel Board* (www.ebb.eu.org/members.php) compte plus de 20 membres producteurs (et 20 membres "associés") représentant des très grandes multinationales agroalimentaires (ADM, Bunge [Novaoil] et Cargill), des entreprises chimiques (Dow) et des producteurs spécialisés de biodiesel (notamment D1 Oils). Aux *États-Unis*, le *National Biodiesel Board* a lui aussi des membres disparates, notamment de très nombreuses petites entreprises qui transforment des matières grasses usagées en biodiesel. Bon nombre des nouvelles et très grandes usines (capacité annuelle supérieure à 150 millions de litres) sont construites par des entreprises agroalimentaires telles qu'ADM ou Louis Dreyfus ou par des consortiums constitués autour de telles entreprises (Bunge).

Le *Brésil* ne produit que depuis peu du biodiesel à l'échelle commerciale. Le premier, et le plus grand à ce jour, producteur de biodiesel du pays (58 pour cent du biodiesel vendu aux enchères jusqu'en août 2006) est *Brasil Ecodiesel*, une entreprise créée pour coordonner la production d'exploitations essentiellement familiales cultivant le ricin, le tournesol ou le *Jatropha curcas*. Beaucoup d'autres entreprises, dont plusieurs entreprises agroalimentaires brésiliennes ou multinationales (notamment ADM) et Petrobras, la compagnie pétrolière nationale brésilienne, ont construit ou construisent des unités de production de biodiesel à partir du soya.

2.2.3. Distribution et vente au détail

La distribution (y compris le mélange) et la vente au détail des biocarburants sont assurées par des petites et moyennes entreprises dans certains pays et par des grandes compagnies pétrolières, souvent nationales, dans d'autres.

Le *Brésil* commercialise depuis les premiers temps son éthanol par le biais de sa compagnie pétrolière nationale Petrobras, mais cet éthanol est vendu au détail dans presque toutes les stations-service de l'Est du pays. En *Australie*, au *Canada*, aux *États-Unis* et dans l'*Union Européenne*, l'éthanol et le biodiesel sont distribués via les réseaux existants des distributeurs d'essence et de gazole. Une entreprise au moins, *Earth Biofuels*, créée aux *États-Unis* dans le but de distribuer et de vendre des biocarburants, s'applique actuellement à mettre en place un réseau de stations-service vendant de l'essence à l'éthanol et du biodiesel. En *Suisse*, Alcosuisse, bras commercial de la Régie fédérale des alcools, stocke, mélange et vend l'éthanol en gros dans tout le pays où il est vendu au détail au consommateur final par les vendeurs de carburant. Le biodiesel est vendu directement aux détaillants, notamment Flamol Mineralöl AG et Migrol, deux des plus importants distributeurs de carburant pétrolier du pays.

2.2.4. Utilisateurs finaux

La majorité des consommateurs finaux de biocarburants sont des automobilistes. Les administrations publiques, notamment l'armée, de certains pays en achètent toutefois aussi des grandes quantités. Les collectivités locales de beaucoup de pays mènent la danse et ont converti leur parc automobile à l'E85 et aux mélanges biodiesel/gazole. Plusieurs villes de par le monde, allant d'Auckland à Helsinki, ont des autobus dont une partie au moins consomment du biodiesel.

Beaucoup d'entreprises publiques ont aussi décidé d'acheter des biocarburants pour leur parc de véhicules. Le secteur suisse de l'éthanol carburant a été placé sur sa rampe de lancement quand la société nationale de télécommunications Swisscom a décidé de réduire sa consommation de carburant (2.74 millions de litres d'essence et 1.86 million de gazole en 2005) en dégraissant son parc et en alimentant certains de ses véhicules à l'E5 dans la région de Berne².

Le plus grand consommateur de biodiesel est sans doute l'armée américaine et plus exactement son *Defense Energy Support Center* (centre de soutien énergétique de l'armée) qui coordonne les achats de carburant de l'État fédéral. Ce centre, le plus gros acheteur de biodiesel des États-Unis, achète du B20 pour les véhicules de l'administration depuis 2000.

2.3. Coût actuel et futur de production

Le coût de production des biocarburants varie considérablement selon les matières de base, le processus et le lieu. Le lieu conditionne l'accès aux matières de base et à l'énergie dont le prix est dans une large mesure déterminé par le marché mondial (et de plus en plus par la demande de matières de base émanant des producteurs de biocarburants). Les procédés actuels de fabrication de l'éthanol et du biodiesel ne varient pas beaucoup, contrairement à la taille des unités de production. En outre, l'amélioration rapide des distilleries d'éthanol dans un sens propre à rationaliser l'utilisation de l'énergie et à mieux rentabiliser les sous-produits exerce une profonde influence sur le bilan économique des nouvelles usines. Les quelques réflexions qui suivent ne prétendent donc être qu'une évaluation sommaire du niveau et des possibilités de modification des coûts relatifs de production des biocarburants dans les différents pays.

2.3.1. *Éthanol*

Le coût de production diffère considérablement d'un pays à l'autre en fonction des matières de base et du processus utilisés ainsi que du coût de l'énergie et de la main-d'œuvre.

Les trois procédés "classiques" et relativement matures de production d'éthanol au départ de la biomasse sont : 1) la distillation du vin ; 2) la fermentation et la distillation de sucres et de molasses ; et 3) la conversion, fermentation et distillation de l'amidon contenu dans des céréales. La première méthode est simple. Comme la distillation du vin procède dans une large mesure des excédents structurels du marché européen du vin, elle ne devrait représenter qu'une part dégressive de l'offre mondiale au cours des années à venir.

La plus grande partie de l'éthanol carburant produit dans les pays tropicaux et subtropicaux est tiré de la canne à sucre, soit de son jus ou des molasses. Le coût de cette forme de production dépend principalement du coût des matières de base, mais aussi de la taille des distilleries et de leur aptitude à passer de l'éthanol au sucre et vice versa. La plupart des distilleries modernes d'éthanol qui le tirent de la canne à sucre ont pu maîtriser les coûts du procédé en brûlant de la bagasse (résidus de la canne après extraction du sucre). Bon nombre d'entre elles produisent aussi de l'électricité dont elles vendent l'excédent aux réseaux de distribution.

Il se produit aussi de l'éthanol carburant sous des cieux plus septentrionaux, notamment dans l'Union Européenne, au départ de betteraves sucrières. Le procédé de fermentation et de distillation est le même que celui qui est utilisé pour la canne à sucre, mais les unités de production ne disposent pas

de bagasse et doivent donc acheter des combustibles dans le commerce pour générer la chaleur nécessaire. Leurs coûts de main-d'œuvre, beaucoup plus élevés que dans les pays en développement, les handicapent également.

Deux céréales donnent la plus grande part de l'éthanol dérivé de l'amidon. Le maïs est la plus importante des deux (Est du Canada, Chine, Europe centrale et orientale, États-Unis), suivie du froment (Ouest du Canada, Europe septentrionale). L'éthanol carburant est aussi tiré en plus petites quantités du manioc, des pommes de terre et du sorgho.

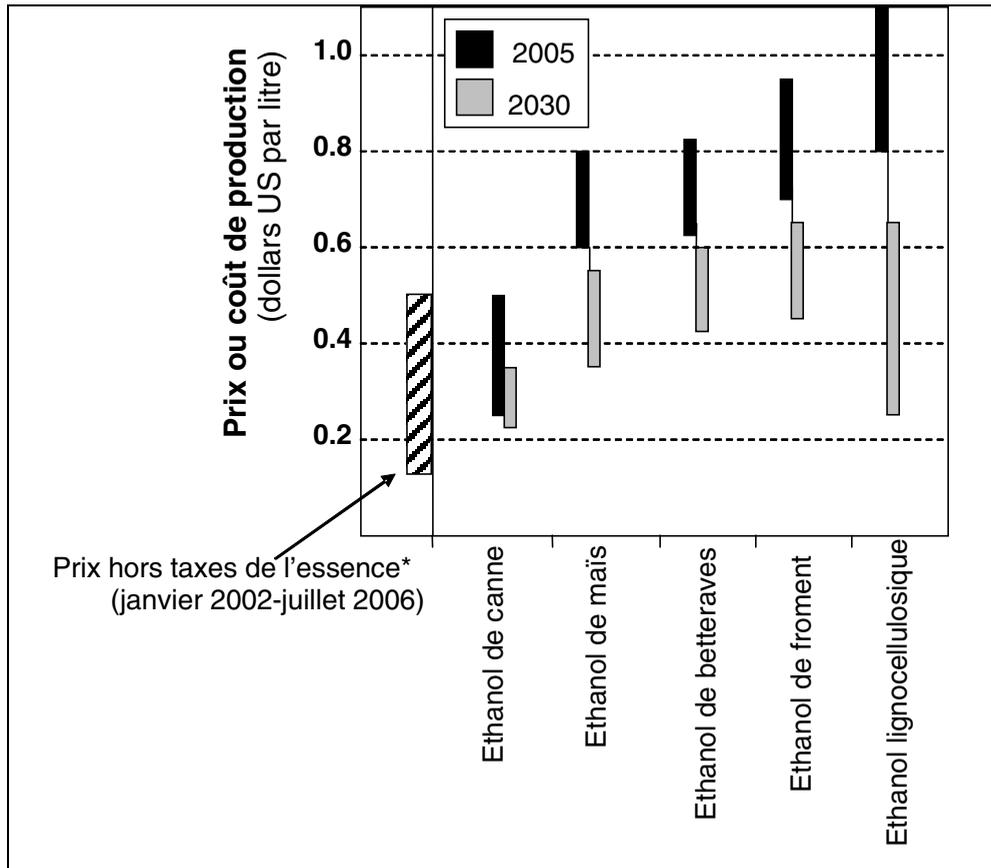
Le nombre de plantes dont l'amidon peut servir à produire de l'éthanol a de quoi étonner. La principale distinction qui s'impose doit s'opérer entre le traitement à sec et le traitement en milieu liquide. Dans le *traitement à sec*, les grains de maïs (ou d'autres céréales riches en amidon) sont broyés et traités sans séparation préalable de leurs différents composants. La farine obtenue est ensuite additionnée d'eau pour former une pâte à laquelle sont ajoutées des enzymes qui vont convertir l'amidon en dextrose. La pâte est ensuite portée à haute température, puis refroidie et laissée à fermenter jusqu'à donner une "bière" qui contient de l'éthanol, du dioxyde de carbone (CO₂), de l'eau et des solides. L'éthanol est enfin concentré, tandis que la déshydratation des matières solides donne un sous-produit appelé drêches de distillerie avec solubles qui constitue un aliment pour bétail hautement protéique. Le CO₂ dégagé par la fermentation est récupéré et revendu aux producteurs de boissons gazeuses et glace sèche. Dans le *traitement en milieu liquide*, le maïs est trempé dans de l'eau additionnée d'acide sulfurique dilué pour faciliter la séparation de ses nombreux composants. Le procédé débouche sur la production de germes de maïs (qui donnent de l'huile de maïs), de fibres, de gluten et d'amidon. Le gluten est filtré et déshydraté pour produire une farine de gluten de maïs vendue comme aliment du bétail, tandis que l'amidon est fermenté et distillé à peu près comme dans le traitement à sec³.

Une autre distinction procède du combustible utilisé pour produire la chaleur nécessaire à la fabrication. Aux États-Unis et dans l'Est du Canada, les producteurs d'éthanol ont toujours utilisé du gaz naturel et de l'électricité fournis par les réseaux de distribution. Eu égard à la flambée récente du prix du gaz naturel, certains producteurs se sont mis à utiliser du charbon meilleur marché. Quelques unités de production ont été construites à côté de centrales électriques pour utiliser la chaleur qu'elles dégagent et une unité au moins en cours de construction sera alimentée par le méthane généré par le lisier produit par le bétail d'un élevage voisin.

La Figure 3 compare, en se fondant sur des chiffres de l'AIE, ce que coûte aujourd'hui à ce que devrait coûter demain la production d'éthanol au départ de différentes matières de base. Le coût de 0.20\$ US par litre d'éthanol (0.30 \$ US par litre d'équivalent essence) produit dans les nouvelles distilleries brésiliennes est le plus bas du monde. Avant même la hausse récente du prix du maïs aux États-Unis, l'éthanol de céréales coûtait quelque 50 pour cent de plus à produire aux États-Unis que l'éthanol de canne brésilien et 100 pour cent de plus dans l'Union Européenne qu'aux États-Unis. La prise en compte du coût du transport, du mélange et de la distribution de l'éthanol qui ne sont pas inclus dans ce calcul des coûts peut facilement ajouter 0.20 \$ US au prix au litre payé à la pompe.

L'AIE (2006) avance que l'entrée en activité de grandes unités de production entraînera vraisemblablement des nouvelles baisses de coût, mais qu'aucune percée technologique porteuse de baisses spectaculaires des coûts ne semble envisageable. Elle estime que le progrès technique contribuera à réduire les coûts d'un tiers entre 2005 et 2030, sous la poussée notamment de la baisse du coût des matières de base. Elle compte que le coût des matières de base diminuera environ d'un quart dans l'Union Européenne, d'un tiers au Brésil et de plus de moitié aux États-Unis. L'AIE⁴ pose en tout état de cause en hypothèse que les aides actuelles aux cultures et à la production d'éthanol resteront en place.

Figure 3. Comparaison entre les coûts actuels et futurs de production de l'éthanol et les prix (hors taxes) récents de l'essence



* Prix calculés sur la base des prix moyens du pétrole importé par les pays de l'AIE.

Note : Les coûts ont été estimés sans tenir compte des aides aux cultures et aux biocarburants mêmes.

Source : Inspiré de AIE (2006), Figure 14.7.

Il n'est pas déraisonnable de prédire que le coût des matières de base va diminuer dans l'Union Européenne au cours des 25 prochaines années, étant donné que le cadre réglementaire est appelé à changer (suppression des aides à l'exportation du sucre) et que les progrès de la génétique des végétaux pourraient à eux seuls exercer une pression à la baisse sur les coûts. Le besoin de nourriture d'une population mondiale en croissance constante, l'évolution aléatoire des rendements imputable au changement climatique et la demande de biomasse transformable en carburant pourraient toutefois pousser les prix relatifs des matières de base très fortement à la hausse. Entre 2005 et 2007, les prix du maïs et du blé, parmi les principales matières de base utilisables pour produire de l'éthanol, ont déjà augmenté de plus de 50 pour cent en termes nominaux (Tableau 1). Si l'on compare les prix moyens en 2005 avec les prix atteints à la fin en 2007 pour le maïs et le blé, ils ont doublé. Dans le même temps, le prix du sucre est retombé à son niveau de 2005. Les cours au comptant risquent néanmoins de rester volatiles. Le prix record de référence atteint par le sucre en février 2006 était près de deux fois plus élevé que son prix plancher de neuf mois auparavant.

Tableau 1. **Prix de référence internationaux du sucre, du maïs et du froment (2005-2007)**

Produit	Prix moyen en 2005 (\$ US/ tonne)	Prix plafond après mai 2005 (\$ US/ tonne fin de semaine)	Prix moyen en 2007 (\$ US/ tonne)	Évolution en termes nominaux de 2005 à 2007
Sucre ¹	218 \$	406 \$ (03.02.06)	221 \$	1 %
Maïs ²	109 \$	211 \$ (18.01.08)	164 \$	50 %
Froment ³	150 \$	353 \$ (21.12.07)	235 \$	57 %

1. Calculs effectués sur la base des moyennes hebdomadaires des prix au jour le jour de l'Organisation internationale du sucre (en cents US par livre).
2. Prix du maïs jaune US n° 2 enregistré dans les ports américains du Golfe (cotations du vendredi) exprimé en \$ US par tonne (américaine).
3. Prix du froment rouge d'hiver US n° 2 enregistré dans les ports américains du Golfe (cotations du mardi).

Source : Données de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, "International Commodity Prices", site Internet : www.fao.org/es/esc/prices consulté le 24 janvier 2008.

Il convient de souligner que le coût de production du sucre au Brésil, du maïs aux États-Unis et du froment en Argentine ou au Canada est inférieur aux prix internationaux indiqués dans le Tableau 1, mais il importe surtout de connaître le *coût d'opportunité* de l'utilisation de ces matières de base pour produire de l'éthanol au lieu de les vendre à d'autres acheteurs. L'estimation du coût de production des biocarburants doit se fonder sur l'estimation du prix de la biomasse utilisée comme matière de base ainsi que du prix auquel les biocarburants se vendront sur le marché. Kojima *et al.* (2007) observent que le coût comptable de production des biocarburants peut être inférieur à celui de leur équivalent pétrolier le plus proche, mais qu'il peut ne pas être pour autant économique de les produire, si le prix de marché des matières de base est élevé.

2.3.2. Biodiesel

Plus de 50 espèces de végétaux donnent des graines ou des fruits dont il est possible d'extraire de l'huile utilisable comme carburant (ou transformable en biodiesel). Cette huile est, dans la majorité des cas, trop chère à produire à grande échelle pour la destiner à une utilisation de valeur relativement réduite comme carburant. L'huile actuellement utilisée pour fabriquer du carburant provient d'une poignée de plantes dont les principales sont le soya, le palmier à huile, le cocotier, le colza, le tournesol et le *Jatropha curcas*.

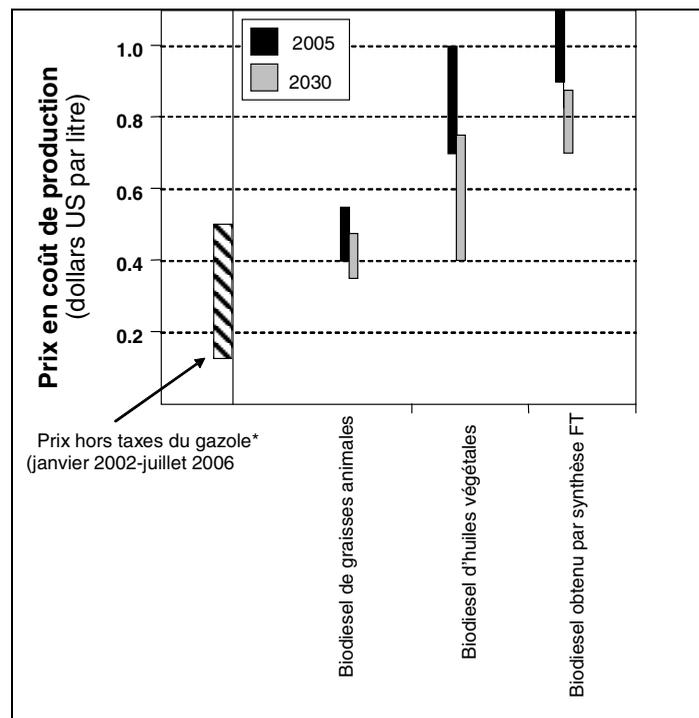
Le rendement en huile (en kilos ou litres par hectare) varie considérablement d'une source à l'autre. Il oscille normalement entre 400 et 600 litres à l'hectare pour le soya, 1 200 et 1 700 litres à l'hectare pour le colza ou 4 000 et 7 000 litres à l'hectare pour le palmier à huile. Ce rendement n'est toutefois pas le seul déterminant de l'offre. Le soya et le colza intéressent les agriculteurs, parce qu'ils peuvent être cultivés en alternance avec d'autres cultures. Le soya fixe en outre l'azote dans le sol et réduit donc les besoins d'engrais au bénéfice tant des cultures en cours que des cultures qui vont les suivre. Le *Jatropha* est aussi un fixateur d'azote, mais est un arbuste pérenne qui sert souvent de bordure végétative, de soutien (notamment pour les vanilliers à Madagascar) ou de brise-vent.

Tous les végétaux oléifères laissent après pressage des résidus (farines ou tourteaux) qui ont aussi leur valeur. La farine la plus intéressante est la farine de soya, parce qu'elle contient beaucoup de protéines. Le soya était d'ailleurs cultivé au départ essentiellement pour être transformé en farine, un processus dont l'huile de soya n'était qu'un sous-produit. L'augmentation accélérée de la consommation de biodiesel de soya pourrait cependant retourner complètement le marché et renverser le rapport existant entre la rentabilité des deux types de produit. La farine issue de la transformation du colza a aussi de la valeur, mais son prix est inférieur à celui de la farine de soya. La farine du Jatropha est répandue comme engrais organique, parce qu'elle est toxique pour les animaux.

Dans les pays de l'OCDE, les premières unités de production de biodiesel par transestérification utilisaient des huiles de friture usagées, des huiles de poissonneries ou des graisses animales. Comme l'offre d'huiles de cuisson usagées est limitée, ces unités sont rarement capables de produire plus de 30 millions de litres par an et la plupart ne vont pas au-delà de 5 millions de litres par an.

Comme les possibilités d'achat de ces matières grasses à bon compte sont épuisées, le renforcement de la capacité de production doit se tourner du côté des huiles vierges. Le coût d'achat d'huiles végétales vierges détermine dans une large mesure le coût à long terme de production du biodiesel. Le coût de production du biodiesel au départ d'huiles végétales vierges est largement tributaire, comme la section précédente l'a déjà démontré, des rendements, de la valeur de l'affectation des huiles à d'autres usages et de la valeur des sous-produits. Le biodiesel extrait de l'huile de palme coûtera donc normalement moins à produire que celui qui est tiré de l'huile de soya ou de colza et ces deux types de biodiesel se situent aux deux extrêmes de la courbe des coûts tracée dans la Figure 4.

Figure 4. **Comparaison entre les coûts actuels et futurs de production du biodiesel et les prix (hors taxes) récents de l'essence**



* Prix calculés sur la base des prix moyens du pétrole brut importé par les pays de l'AIE.

Source : Inspiré de AIE (2006), Figure 14.7.

L'AIE (2006, p. 408) est moins résolument optimiste quant à la poursuite de la baisse des coûts et observe qu'il reste possible de réduire le coût unitaire de production du biodiesel en construisant des usines plus grandes, mais qu'il est peu probable qu'une amélioration radicale du procédé classique de transestérification puisse générer des réductions futures importantes du coût. Elle prévoit qu'entre 2005 et 2030, les coûts de production se réduiront de 37 pour cent aux États-Unis (pour y tomber à environ 0.33 \$ US par litre d'équivalent gazole) et de 32 pour cent dans l'Union Européenne. Ses prévisions se fondent sur l'hypothèse que le coût net des matières de base se réduira d'environ un tiers pendant la période considérée.

Le prix des matières de base utilisées pour produire du biodiesel a, à l'instar du prix de celles qui servent à produire l'éthanol, évolué dans un sens diamétralement opposé depuis le moment où l'AIE a procédé à son estimation des coûts. Entre 2005 et février 2007, les prix internationaux de référence de l'huile de colza, de soya et de palme ont augmenté de respectivement 19, 29 et 43 pour cent en termes nominaux (Tableau 2). Les prix ont augmenté à un rythme plus régulier et se sont révélés moins volatiles que les prix affichés par le sucre et les céréales au cours de la même période. Il est intéressant de noter que le prix des huiles de moindre valeur a augmenté plus rapidement que celui des huiles de haute valeur, ce qui donne à penser que l'huile de palme s'est substituée aux autres huiles plus chères.

Tableau 2. **Prix de référence internationaux de l'huile de colza, de soya et de palme (2005-2007)**

Produit	Prix moyen en 2005 (\$US/tonne)	Prix plafond après mai 2005 (\$US/tonne fin de semaine)	Prix moyen en 2007 (\$US/tonne)	Évolution en termes nominaux de 2005 à 2007
Huile de colza ¹	669 \$	1 386 \$ (12.07)	969 \$	45 %
Huile de soya ²	545 \$	1 164 \$ (12.07)	881 \$	62 %
Huile de palme ³	422 \$	952 \$ (11.07)	780 \$	85 %

1. Moyennes mensuelles du prix départ usine (FOB), Pays-Bas.
2. Moyennes mensuelles du prix départ usine (FOB), Pays-Bas.
3. Moyennes mensuelles du prix à l'importation (CIF), Nord-Ouest de l'Europe.

Source : Données de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, "International Commodity Prices", site Internet : www.fao.org/es/esc/prices consulté le 24 janvier 2008.

Le bilan économique du biodiesel dépend aussi du prix de la glycérine brute, un sous-produit du processus de transestérification qui peut être incorporé dans une large gamme de denrées alimentaires, de cosmétiques et d'autres produits. Les unités de production de biodiesel ne produisaient à leurs débuts qu'une quantité de glycérine trop limitée pour affecter profondément les prix de marché du sous-produit. La valeur de la glycérine à l'état brut a toutefois diminué à mesure que les quantités de biodiesel et, partant, de glycérine produites dans le monde augmentaient. En septembre 2006, le *Biodiesel Magazine* (Nilles, 2006) affirmait que la glycérine brute, qui avait valu jusqu'à 0.20 à 0.25 \$US par livre, semblait destinée à tomber à 5 cents par livre (110 \$US par tonne), sinon plus bas encore. Certains des grands producteurs envisagent donc de construire des unités de raffinage de la

glycérine capables de la faire répondre aux normes de l'industrie pharmaceutique et recherchent des nouvelles possibilités d'utilisation de ce produit chimique. A court et à moyen terme, la surabondance de glycérine brute risque toutefois de réduire la rentabilité de la production de biodiesel.

2.3.3. Nouveaux procédés

Les pouvoirs publics fondent explicitement leurs programmes de remplacement généralisé des carburants pétroliers par des biocarburants sur l'hypothèse que les obstacles au développement des biocarburants tirés de l'amidon, du sucre ou d'huiles végétales commenceront à perdre de leur force au cours de la prochaine décennie et que l'augmentation de l'offre devra par la suite venir des technologies et matières de base de la seconde génération. Il s'agit, dans le cas de l'éthanol, de technologies capables d'extraire du sucre fermentable de matières ligno-cellulosiques ou hémicellulosiques qui peuvent se trouver dans les parties des plants de maïs qui ne contiennent pas d'amidon, dans des herbes pérennes, dans la paille des céréales, dans la pulpe provenant d'arbres à croissance rapide et même dans du vieux papier. Certaines plantes riches en cellulose pourraient être cultivées sur des sols impropres aux cultures vivrières. La biomasse ligno-cellulosique peut aussi être gazéifiée et convertie en une espèce de gazole grâce à la synthèse Fischer-Tropsch (FT).

Quelques usines de démonstration extraient déjà de l'éthanol de matières ligno-cellulosiques, mais le coût de production est élevé et monte généralement à 1 \$US par litre d'équivalent essence (AIE, 2006). Les pouvoirs publics et le secteur privé ont déjà dépensé des centaines de millions de dollars pour tenter de réduire ce coût. La recherche se concentre sur les premières phases du processus au cours desquelles la lignine, la cellulose ou l'hémicellulose est transformée (par des enzymes ou des microbes) en une masse fermentable ainsi que sur l'augmentation de la teneur de la masse fermentée en éthanol, afin de réduire l'énergie nécessaire à la distillation.

Eu égard à la rapidité du progrès technique et aux incertitudes qui planent sur l'évolution à long terme du coût des matières de base, les estimations du coût futur de production de l'éthanol au départ de matières ligno-cellulosiques varient énormément. L'AIE avance, dans son *World Energy Outlook 2006*, qu'il pourrait se ramener à 0.40 \$US par litre d'équivalent essence. Ce seuil pourrait être atteint plus vite que prévu, du moins dans les usines qui intègrent production de sucre et production d'éthanol. En mai 2007, Dedini S.A., le plus grand constructeur brésilien de machines destinées à la production de sucre et d'éthanol, a annoncé qu'il avait mis au point une technique de production à l'échelle industrielle d'éthanol cellulosique au départ de la bagasse (Biopact team, 2007) à moins de 0.27 \$US par litre, soit 0.41 \$US par litre d'équivalent essence⁵. Dedini a commencé à extraire des petites quantités d'éthanol cellulosique de la bagasse dans son usine de Sao Luis, dans l'État de Sao Paulo, en 2002. L'innovation principale est constituée par le prétraitement de la biomasse au moyen de solvants organiques et l'hydrolyse au moyen d'acides dilués qui lui fait suite.

Les chercheurs s'appliquent aussi activement, comme dans le cas de l'éthanol cellulosique, à réduire le coût de production de gazole au départ de la biomasse par le procédé Fischer-Tropsch. L'accent est mis aujourd'hui sur la gazéification de la biomasse à l'aide de chaleur et de produits chimiques plutôt que de microbes. Une méthode radicalement différente de production de biodiesel consiste à extraire des lipides d'une variété particulière d'algues pour les transformer ensuite en biodiesel par une transestérification classique. Certaines évaluations récentes des possibilités de production de biodiesel à partir d'algues sont toutefois plutôt pessimistes quant aux possibilités de commercialisation de cette technologie (Dimitrov, 2007).

La réduction du coût de production du biodiesel passe, non seulement par des avancées technologiques positives, mais aussi par l'exploitation d'économies d'échelle importantes dans les unités de fabrication. Les grandes unités de fabrication ont toutefois besoin d'une aire étendue de

collecte de leur biomasse, ce qui leur pose un problème logistique sérieux. La plupart des études du coût de l'approvisionnement en biomasse réalisées à ce jour se focalisent toutefois sur les coûts de production effectifs sans tenir compte de la valeur locative des terres ou en leur attribuant une valeur locative réduite.

L'étude du *Center for Agricultural and Rural Development* (Centre pour le développement agricole et rural) de l'Université de l'État de l'Iowa (Tokgoz *et al.*, 2007) se distingue nettement des autres. Les auteurs de cette étude observent que les agriculteurs ne cultiveront des plantations dédiées à la cellulose telles que du panic que si elles leur rapportent autant que le maïs. Citant Babcock *et al.* (2007) qui ont calculé que les agriculteurs pourraient semer du panic s'il rapportait 121 \$US par tonne récoltée sur des terres donnant 9 tonnes à l'hectare ou 90 \$US par tonne récoltée sur des terres donnant 13.5 tonnes à l'hectare, les auteurs estiment que les distilleries d'éthanol ne peuvent pas offrir plus de 41 \$US par tonne de ce panic les années où leur éthanol se vend à 1.75 \$US par gallon (0.46 \$US par litre). Ils observent que dans ces conditions, le panic ne peut pas offrir aux agriculteurs des avantages qui l'emportent sur ceux que procure la culture du maïs. Ils y ajoutent que :

« Contrairement à ce que l'on peut penser, il n'y a pas de prix de l'éthanol qui rende la culture du panic intéressante, étant donné qu'un prix de l'éthanol qui permet aux distilleries d'éthanol de payer plus pour le panic leur permet aussi de payer plus pour le maïs. Tant que la réaction des agriculteurs au niveau de leurs recettes nettes est rationnelle et que les distilleries d'éthanol paient leurs matières de base à un prix qui leur permet de rentrer dans leurs frais, les agriculteurs sèmeront du maïs comme culture énergétique. La culture du panic sur les terres à maïs n'est économiquement défendable que si elle bénéficie d'aides que ne reçoit pas l'éthanol de maïs. »

Il n'étonne pas que plusieurs projets de loi soumis au Congrès américain proposent de prendre de nouvelles mesures incitatives en vue d'encourager les agriculteurs à produire des matières de base autres que le maïs.

2.4. Rapports entre les prix des biocarburants, des produits pétroliers et des produits agricoles

L'éthanol et le biodiesel étant des compléments ou des substituts de l'essence et du gazole pétrolier, il semblerait normal que leur prix s'aligne d'assez près, après correction des aides et des différences fiscales, sur celui de ces derniers carburants. La politique menée par les pouvoirs publics et le fait que les biocarburants ne sont dans la plupart des pays que des substituts imparfaits des carburants pétroliers correspondants rend les choses toutefois un peu plus complexes.

L'éthanol contient moins d'énergie, mais donne plus de puissance que l'essence. Utilisé pur comme carburant, l'éthanol a un indice d'octane de 113, contre 87 pour l'essence. Mélangé à l'essence à hauteur d'environ 5 pour cent, l'éthanol devrait donc valoir plus que l'essence. Tyler (2007) chiffre la différence à environ 0.25 \$ US par gallon (0.066 \$ US par litre), tandis que Stoft (2007) estime qu'elle ne devrait pas excéder quelques pour cent étant donné que l'éthanol a aussi des inconvénients : il est hydrophile et fait augmenter la pression de vapeur des mélanges éthanol/essence. L'écart exceptionnellement important observé entre les prix de l'essence et de l'éthanol aux États-Unis de mai à juillet 2006 a été imputé à une modification du cadre réglementaire qui a incité les raffineries d'essence à abandonner l'oxyde de méthyle et de tert-butyle au profit de l'éthanol, quand l'Agence américaine pour la protection de l'environnement a renoncé à ses normes d'oxygénation.

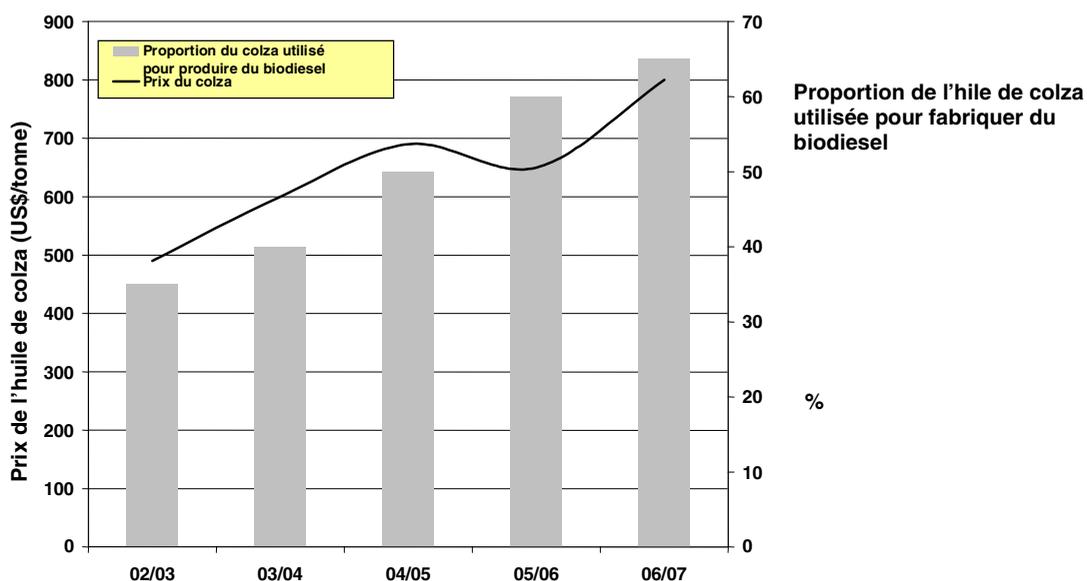
Le relèvement du taux d'incorporation d'éthanol dans l'essence s'accompagne toutefois d'une perte de valeur de l'indice d'octane et du passage de la valeur du contenu énergétique de l'éthanol, égal à 67 pour cent environ de celui de l'essence, au premier plan. Les véhicules dits "multicarburants" qui

consomment de l'E85, un mélange constitué de 85 pour cent d'éthanol et de 15 pour cent d'essence, parcourent 25 pour cent de kilomètres de moins que s'ils consommaient une quantité égale d'essence pure. Le prix d'équilibre du marché de l'éthanol incorporé dans l'E85 ne devrait donc pas excéder 75 pour cent du prix de l'essence.

En l'absence de normes obligatoires d'incorporation et d'un différentiel de taxation, le rapport entre les prix du biodiesel et du gazole devrait dépendre dans une large mesure de la qualité et du contenu énergétique relatif du biodiesel et du gazole comparés. Cette qualité est fonction, entre autres, du type de moteur alimenté en biodiesel, de la composition du mélange et de facteurs tenant à la qualité de l'air.

La demande de végétaux transformables en biocarburants est un facteur important, mais non le seul, du raffermissement des prix non seulement de ces végétaux (Figure 5), mais aussi de ceux qui peuvent les remplacer, notamment sur le marché des céréales alimentaires. Cette hausse des prix est considérée comme un bienfait par les producteurs de ces végétaux, mais a affecté de façon négative les éleveurs, notamment ceux qui doivent acheter des aliments pour nourrir la plus grande partie de leurs bêtes.

Figure 5. **Augmentation de la production de biodiesel et des prix du colza dans l'Union Européenne (2002-2003 à 2006-2007)**

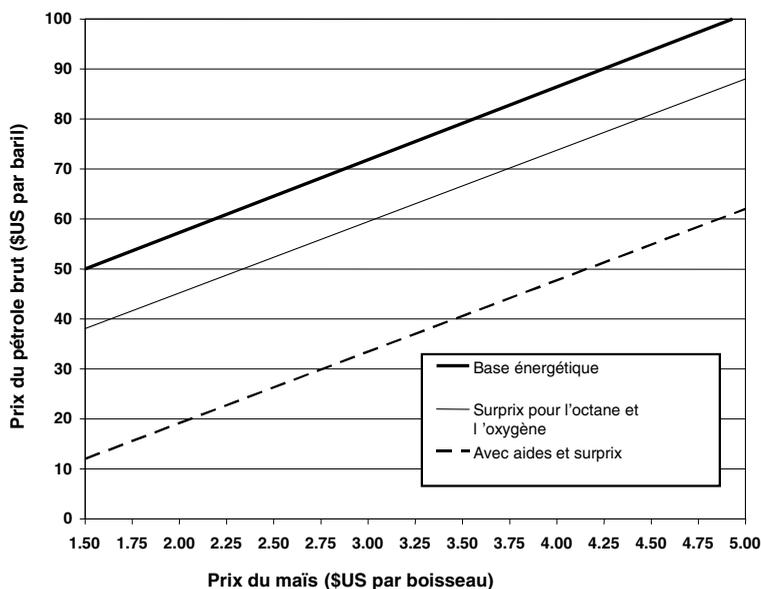


Source : Jank *et al.* (2007).

La hausse du prix des céréales et des oléagineux fait aussi augmenter les coûts de production du biodiesel. Les producteurs de biocarburants ont à faire face à un problème de prix particulièrement épineux, si la hausse des cours de leurs matières de base pousse leurs prix au-delà d'un niveau qui dépend du prix des carburants pétroliers concurrents et, évidemment, des aides qu'ils reçoivent. La Figure 6 montre qu'aux États-Unis, le prix auquel les producteurs d'éthanol peuvent payer le maïs tout en continuant à couvrir leurs coûts est porté à un niveau nettement plus élevé par la réduction du droit d'accises de 0.51 \$US par gallon (0.135 \$US par litre) accordée par l'État fédéral à l'éthanol. Avec un

pétrole brut à 60 \$US le baril, le prix d'équilibre est de 4.75 \$US le boisseau, soit 1.75 \$US de plus que ce qu'il serait en l'absence d'aides, compte tenu de la majoration généreuse justifiée par la valeur de l'éthanol en tant qu'additif pro-octane.

Figure 6. **Prix du maïs et du pétrole brut permettant à la production d'éthanol d'atteindre son seuil de rentabilité aux États-Unis**

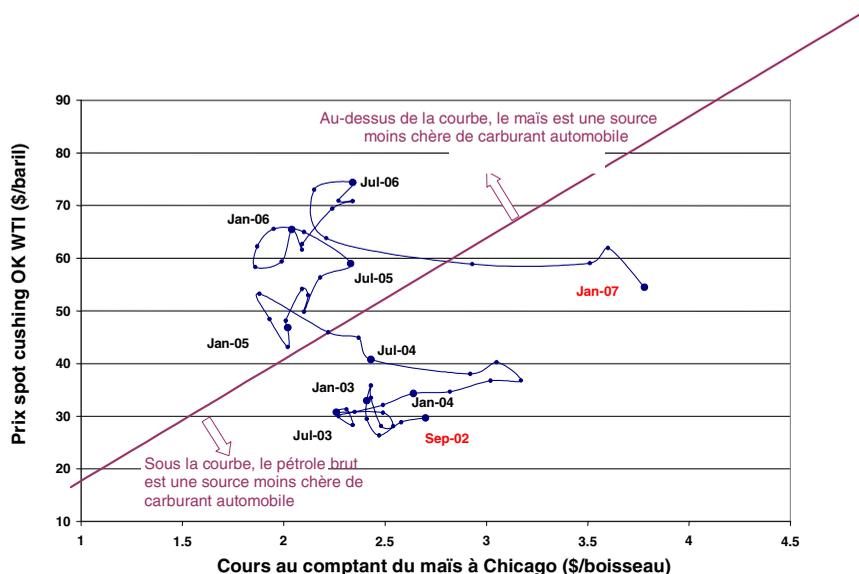


Source : Hurt *et al.* (2006) et Tyner (2007).

La Figure 7 schématise l'évolution des prix américains du maïs et du pétrole brut au cours des cinq dernières années. Elle montre qu'en 2005 et 2006, années où l'intérêt accordé par les investisseurs au secteur de l'éthanol était à son maximum, le prix du maïs était relativement bas et celui du pétrole relativement élevé. Les cours du pétrole étaient auparavant trop bas et le prix du maïs trop élevé depuis la fin de 2006 pour que l'éthanol tiré du maïs puisse concurrencer le pétrole sans aides.

Les normes obligatoires d'incorporation peuvent également modifier le rapport entre les prix du carburant qui leur est soumis et du carburant qui leur échappe. Cette modification est fonction du rapport qui existe entre les coûts de production de ces deux catégories de carburant. Dans le cas le plus simple, celui de l'incorporation obligatoire de 5 pour cent de biodiesel, le prix du biodiesel (ajusté sur la base de son contenu énergétique et des différences de qualité) augmentera jusqu'à ce que le niveau obligatoire soit atteint, si le prix du gazole pétrolier est inférieur au coût marginal de production du biodiesel. Si le prix du gazole pétrolier est supérieur au coût marginal à court terme de l'approvisionnement en biodiesel, le prix de ce dernier doit se rapprocher du prix du gazole pétrolier, tant que la part de marché du biodiesel se situe en deçà des limites des proportions maximales commercialisables.

Figure 7. **Prix américains du pétrole brut et du maïs**
(septembre 2002 à janvier 2007)



Source : Graphique transmis par Stephen Perkins, CEMT. Les chiffres proviennent de l'administration pour l'information en matière d'énergie. (<http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/hist/rwtcM.htm>) et du Ministère américain de l'Agriculture.

3. AIDES PUBLIQUES AUX BIOCARBURANTS LIQUIDES

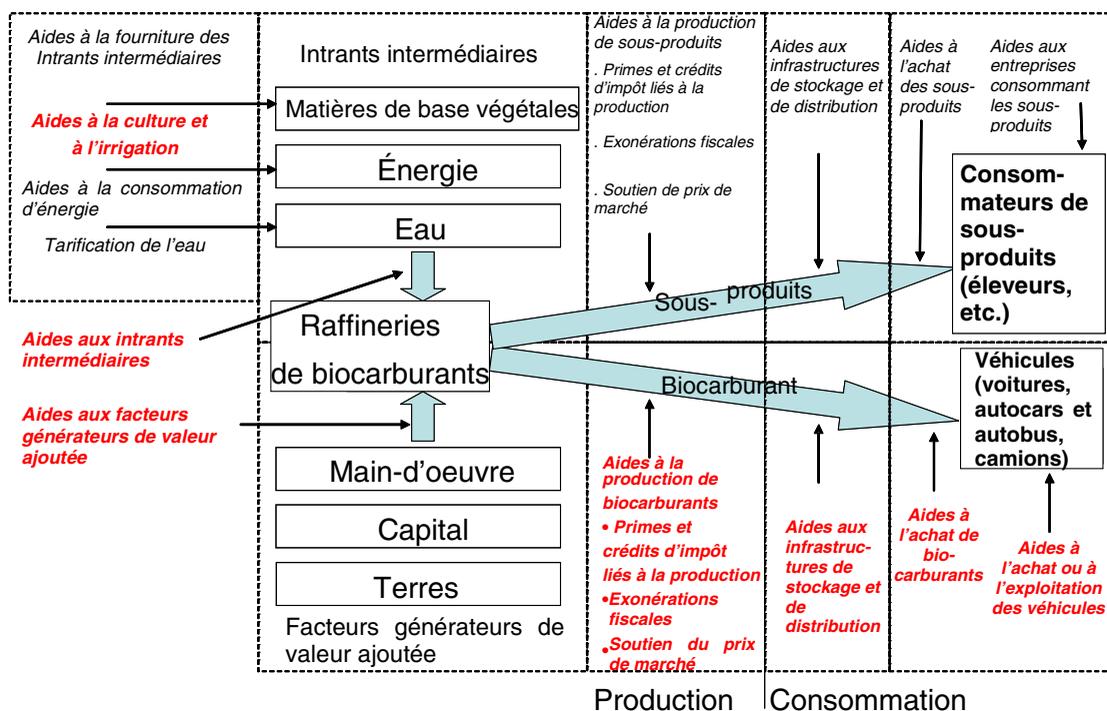
3.1. Clé de compréhension de l'aide au secteur

La Figure 8 illustre le cadre utilisé dans les études nationales de l'IMS pour analyser les aides distribuées aux différents maillons de la chaîne d'approvisionnement en biocarburants, depuis la production des matières de base végétales jusqu'à la consommation finale. La définition d'une base de référence oblige à déterminer le nombre de paramètres à prendre en considération ainsi que les programmes de portée trop large pour être pris en compte dans l'analyse d'une branche d'activité particulière. L'IMS s'est intéressée aux aides qui affectent des paramètres de la production importants pour la structure des coûts des biocarburants, notamment les aides accordées aux producteurs des intrants intermédiaires, c'est-à-dire les agriculteurs. Les aides plus "distantes", par exemple les aides versées à des modes de transport utilisés pour véhiculer les biocarburants et leurs matières de base, sortent du cadre de la présente analyse.

Au début de la chaîne d'approvisionnement se trouvent les aides à ce que les économistes appellent les "intrants intermédiaires", c'est-à-dire les biens et les services consommés au cours du processus de production. Les plus importantes de ces aides sont versées aux producteurs des matières de base transformées en biocarburants dont les principales sont la canne à sucre, le maïs, la betterave

sucrière et le froment pour l'éthanol et le colza et le soya pour le biodiesel. Dans certains pays, les aides à ces cultures sont suffisamment limitées pour n'être que des transferts de richesses et ne pas affecter l'offre ou les prix. Dans d'autres, les barrières douanières font grimper le prix des productions agricoles au-delà du niveau des prix internationaux et taxent donc dans les faits les consommateurs de ces productions, dont les producteurs de biocarburants. Certains pays contrebalancent ces "taxes" sur les matières de base par l'octroi de subventions aux producteurs de biocarburants. Étant donné toutefois que la culture des végétaux utilisés comme matières de base crée une demande d'aides, la fraction des aides totales allouée aux cultures de végétaux utilisés pour produire des biocarburants peut être considérée comme un élément du coût brut que la promotion des biocarburants représente pour les pouvoirs publics. (Le coût net doit être calculé en tenant compte de l'augmentation des taxes acquittées par les agriculteurs à la suite de l'augmentation de leur revenu imposable).

Figure 8. Aides accordées aux différents maillons de la chaîne d'approvisionnement en biocarburants



Source : Initiative mondiale sur les subventions.

Les aides aux intrants intermédiaires sont souvent complétées par des aides aux facteurs générateurs de valeur ajoutée, à savoir les biens d'équipement, la main-d'œuvre directement utilisée dans le processus de production et la terre. Elles peuvent se présenter sous la forme d'aides non remboursables ou de prêts à taux d'intérêt réduit pour la construction de distilleries d'éthanol ou d'unités de fabrication de biodiesel. Certaines collectivités locales mettent en outre, gratuitement ou à des prix inférieurs aux prix de marché, des terrains à la disposition des producteurs de biocarburants. Ces différentes formes d'aide réduisent tant les coûts fixes des nouvelles usines que les risques courus par les investisseurs en rendant les investissements plus rentables.

Plus avant dans la chaîne d'approvisionnement viennent les aides directement liées à la production qui prennent la forme de droits d'entrée sur l'éthanol et le biodiesel, d'une exemption des droits d'accises frappant les carburants ainsi que d'aides non remboursables ou de prêts à taux réduit variables selon les quantités produites, vendues ou mélangées. Les exonérations fiscales et les aides ont parfois été utilisées pour ramener le prix des biocarburants (l'éthanol en particulier) à un niveau inférieur à celui des carburants pétroliers concurrents de valeur énergétique comparable, mais ont surtout permis de fixer le prix de vente au détail des biocarburants à un niveau plus ou moins égal à celui de leurs équivalents fossiles (taxés).

Les discriminations entre importations et offre intérieure jouent également un rôle dans ce contexte. Quoique les importations, effectives ou potentielles, soient pour leur plus grande part frappées de droits peu élevés à leur entrée en Suisse, elles n'y sont pas exemptées de la taxe sur les huiles minérales. Les producteurs étrangers sont ainsi mis dans l'impossibilité d'y capturer une part du marché intérieur.

Les aides accordées en aval du marché des biocarburants se présentent sous cinq formes différentes : 1) aides destinées à réduire le coût du stockage des biocarburants entre les saisons de production ; 2) aides non remboursables, crédits d'impôt et prêts pour la construction des infrastructures spécialisées nécessaires à la vente en gros et au détail des biocarburants ; 3) aides non remboursables aux projets de démonstration des possibilités d'utilisation des biocarburants par certaines catégories particulières de véhicules (les autobus par exemple) ; 4) aides à l'achat de véhicules adaptés au biodiesel ; et 5) marchés publics donnant la préférence aux biocarburants.

Le diagramme de la Figure 8 aide à visualiser les différents stades auxquels les pouvoirs publics interviennent sur le marché des biocarburants. Il est toutefois de règle que l'analyse des régimes d'aides se structure dans un ordre qui reflète leur incidence sur le fonctionnement du marché. En règle générale, les aides directement liées au niveau de production sont tenues pour être celles qui pèsent le plus sur les décisions prises en matière de production, avant les aides aux intrants intermédiaires et les aides aux facteurs générateurs de valeur ajoutée. Les aides publiques à la recherche et au développement sont normalement les moins perturbatrices, du moins si elles ne sont pas des aides déguisées à la production.

La section suivante du rapport se coulera donc dans ce moule pour donner un bref aperçu des différents types d'aides identifiés par l'IMS dans ses analyses des aides dont l'éthanol et le biodiesel bénéficient en Australie, au Brésil, au Canada, dans l'Union Européenne, en Suisse et aux États-Unis.

3.2. Aides actuelles à l'éthanol et au biodiesel

3.2.1. Aides liées à la production

Les pouvoirs publics soutiennent la production intérieure de biocarburants par une protection douanière (droits d'entrée) et des aides à la production. Les lois et règlements qui en imposent l'utilisation ou fixent leur taux d'incorporation obligatoire ainsi que celles et ceux qui leur accordent un régime de faveur dans le domaine des taxes sur les carburants stimulent également la production de façon directe. La localisation de la production à l'intérieur ou en dehors des frontières du pays dépend cependant en partie de la vigueur de la protection douanière.

La plupart des pays producteurs de bioéthanol frappent l'éthanol importé de droits NPF (régime de la nation la plus favorisée) qui majorent son coût d'au moins 20 pour cent, soit 0.10 € par litre (Tableau 3). L'Organisation mondiale des douanes, dont tous les pays de l'OCDE et le Brésil sont

membres, classe l'alcool éthylique (éthanol) dans deux positions différentes de son Système harmonisé de désignation et de codification des marchandises, à savoir les positions SH 2207.10 (alcool éthylique non dénaturé contenant au moins 80 pour cent d'alcool en volume) et SH 2207.20 (alcool éthylique dénaturé contenant au moins 80 pour cent d'alcool en volume). La plus grosse partie de l'éthanol carburant est commercialisée sous sa forme non dénaturée et ne contient donc que de l'alcool éthylique pur et une petite quantité d'eau. Les États-Unis opèrent en outre une distinction entre l'éthanol destiné à être utilisé comme carburant et l'éthanol destiné à la fabrication de boissons ou à d'autres usages finaux et prélèvent un droit supplémentaire "accessoire" sur le premier des deux. L'Australie frappe l'alcool éthylique d'un droit d'entrée d'un montant égal à celui du droit d'accises fédéral prélevé sur l'éthanol carburant (qui est un des plus élevés de tous les pays de l'OCDE), alors que l'éthanol produit en Australie peut bénéficier d'une réduction de ces derniers droits.

Tableau 3. **Droits prélevés sur l'alcool éthylique non dénaturé (SH 2207.10) dans plusieurs pays représentatifs en 2007**

Pays	Droit NPF (en devises nationales ou taux ad valorem)	Sur une valeur unitaire hors taxes de 0.50 €/litre		Déroptions (en plus des autres pays membres de l'OMC avec lesquels le pays a conclu un accord de libre-échange) et notes
		Équivalent ad valorem (%)	Tarif unitaire (€/litre) ¹	
Australie	5 % + 38.143 \$AUS/litre	52 %	0.258 €	États-Unis, Nouvelle-Zélande
Brésil	0 %	0 %	0.00 €	Contre 20 % jusqu'en mars 2006
Canada	0.0492 \$ CAN /litre	6 %	0.034 €	Parties à l'accord de libre-échange
Union Européenne	19.2 €/hectolitre	38 %	0.192 €	Pays de l'AELE, pays en développement dans le SGP
Suisse	35 FCH par 100 kilos	34 %	0.168 €	Union Européenne, pays en développement dans le SGP
États-Unis	2.5 % + 0.51 \$/gallon	22 %	0.110 €	Parties à l'accord de libre-échange, partenaires de la CBI

1) Aux taux de change moyen pour l'année.

Sources : Rapports GSQI et DG Échanges. Commission Européenne, « Données sur l'accès aux marchés » <http://mkacddb.eu.int/mkacddb2/indexPubli.htm>

Les dérogations au régime des droits NPF et des contingents tarifaires sont nombreuses. Les biocarburants sont souvent importés en franchise ou à droits réduits des pays avec lesquels le pays importateur a conclu un accord de libre-échange ou qui sont couverts par son système généralisé de préférences (SGP). Les pays couverts par ces SGP diffèrent : la Suisse inclut le Brésil dans le sien, tandis que l'Union Européenne l'en exclut. Les États-Unis ont instauré un contingent tarifaire pour l'éthanol importé de certains pays des Caraïbes dans le cadre de leur *Caribbean Basin Initiative* (initiative pour les pays des Caraïbes).

Le biodiesel, classé comme produit chimique sous la position SH 3420.90 où il côtoie une foule d'autres produits chimiques, doit acquitter des droits d'entrée beaucoup moins élevés que l'éthanol, puisqu'ils vont de 0 pour cent en Suisse à 6.5 pour cent dans l'Union Européenne. L'Australie frappe le biodiesel importé d'un droit d'accises de 38.143 \$ AUS par litre, mais le droit est dans les faits réduit à zéro puisqu'il est remboursé.

Plusieurs pays ou autorités régionales de ces pays complètent la protection douanière par des aides directes à la production. Les États-Unis sont les plus actifs dans ce domaine. Les "mélangeurs" y bénéficient, en fonction de la quantité d'éthanol pur qu'ils utilisent, d'un allègement fiscal de 0.51 \$ US par gallon (0.10 € par litre) pour l'éthanol qu'ils mélangent à l'essence. L'État fédéral accorde aussi aux entreprises qui mélangent du biodiesel au gazole pétrolier un allègement fiscal comparable de 1.00 \$ US par gallon (0.18 € par litre), si le biodiesel est issu d'huiles et matières grasses vierges d'origine agricole et de 0.50 \$ US par gallon (0.09 € par litre), s'il est dérivé d'huiles usagées. Les 15 premiers millions de gallons (56 millions de litres) d'éthanol ou de biodiesel produits par des usines dont la capacité annuelle est inférieure à 60 millions de gallons (225 millions de litres) bénéficient en outre d'un allègement spécial de 0.10 \$ US par gallon (0.02 € par litre). Plusieurs États fédérés soutiennent leur production intérieure d'éthanol et de biodiesel à hauteur de 0.20 \$ US ou même davantage par gallon (0.04 € par litre) de biocarburant pur. L'octroi de ces aides est, dans quelques cas, subordonné à l'utilisation de matières de base provenant de l'État considéré.

En mars 2007, le Canada a annoncé l'octroi de 1.5 milliard \$ CAN sur 7 ans aux producteurs de carburants renouvelables de remplacement de l'essence, comme l'éthanol, et de remplacement du diesel [= gazole], comme le biodiesel, dans un contexte où l'industrie a besoin de soutien pour demeurer rentable (Ministère des Finances, Canada, 2007)⁶. De 2007 à 2009, les aides atteindront jusqu'à 0.10 \$ CAN (0.07 €) le litre pour les carburants de remplacement de l'essence et jusqu'à 0.20 \$ CAN (0.14 €) le litre pour les carburants de remplacement du diesel, mais diminueront par la suite. Les aides prévues par le programme ne seront pas versées, le cas est unique en son genre, si le taux de rendement des producteurs dépasse 20 pour cent par an. Les aides versées aux entreprises seront aussi plafonnées. En même temps qu'il lançait ce programme d'aides à l'exploitation, le Gouvernement a aussi proposé d'amender la *loi sur les droits d'accises* pour mettre fin à partir du 1er avril 2008 aux allègements accordés à l'éthanol et au biodiesel.

La plupart des autres pays (et quelques États fédérés des États-Unis) soutiennent l'utilisation des biocarburants (et donc leur production là où il y a protection douanière) en réduisant les droits d'accises ou la taxe sur les ventes qui les frappent (Tableau 4). Le mécanisme le plus communément mis en œuvre se présente sous la forme d'une réduction, éventuellement à zéro, des droits d'accises normalement prélevés sur les carburants utilisés dans les transports. Le Brésil est un des premiers pays à avoir allégé la taxation des biocarburants. La réduction, d'environ 0.11 € par litre, accordée à l'échelle nationale est encore majorée dans certains États fédérés. L'État de Sao Paulo prélève sur l'éthanol qui y est vendu une taxe sur les carburants inférieure de 0.50 R\$ (0.181 €) à celle qui est due sur l'essence. Les allègements fiscaux accordés par le Brésil au biodiesel sont fonction du lieu où les matières végétales de base sont achetées et du type d'entreprise qui les produit. Ils sont maximaux pour le biodiesel extrait de l'huile de ricin ou de palme provenant de l'agriculture de subsistance pratiquée dans le Nord et le Nord-Est du pays.

L'Union Européenne n'impose pas la perception de droits d'accises communautaires sur les carburants utilisés pour les transports. Elle permet au contraire à ses États membres de faire bénéficier, dans certaines limites, les biocarburants d'allègements fiscaux qui peuvent, exprimés en équivalent biocarburant pur, aller de 0 à 0.60 € par litre et se situent le plus souvent au niveau de 0.30 € par litre. Les Pays-Bas ont exempté à titre temporaire le biodiesel de la taxe sur les carburants en 2006, mais

ont mis fin à cette exemption quand ils ont imposé des normes d'incorporation. L'Allemagne en a fait de même, mais continue à exempter le biodiesel et les huiles végétales vierges utilisés purs de la taxe sur les carburants.

Le Canada exempte l'éthanol incorporé dans l'essence des droits d'accises fédéraux sur l'essence (0.10 \$ CAN par litre à l'heure actuelle) depuis les années 90. Il a aujourd'hui étendu cette exemption au biodiesel. La majorité des provinces canadiennes exemptent aussi l'éthanol de certaines de leurs taxes et la Colombie britannique, le Manitoba et l'Ontario exemptent aussi le biodiesel incorporé dans des carburants de leurs droits d'accises sur les carburants.

En 2007, la Suisse exempte le biodiesel, les huiles végétales vierges et l'éthanol produits dans des usines pilotes de démonstration agréées, non seulement de leurs droits d'accises sur les carburants, mais aussi de la taxe de 0.015 FCH par litre de gazole versée à la Fondation Cent pour le Climat pour financer des projets de réduction du CO₂.

Tableau 4. **Réduction des droits d'accises prélevés sur les biocarburants liquides (situation au 1er août 2007)¹**

Pays, province ou État	Éthanol ou oxyde d'éthyle et de tert-butyle		Biodiesel ou huile végétale vierge	
	Devises locales	USD par litre	Devises locales	USD par litre
Australie ²	0.38143 \$ AUS /litre	0.314	0.38143 \$ AUS /litre	0.314
Brésil				
Fédération	0.30 R\$/litre	0.16	0 à 0.218 R\$/litre	0 à 0.12
État de Sao Paulo	0.50 R\$/litre	0.27	-	-
Canada				
État fédéral ³	0.010 \$ CAN/ litre d'E10	0.094	0.002 \$ CAN/ litre de B5	0.038
Alberta	0.009 \$ CAN/ litre d'E10	0.085	-	
Colombie brit.	0.014 \$ CAN/ litre d'E10	0.132	0.007 \$ CAN/ litre de B5	0.132
Manitoba	0.025 \$ CAN/ litre d'E10	0.237	-	
Ontario	0.015 \$ CAN/ litre d'E10	0.142	0.007 \$ CAN/ litre de B5	0.132
Québec	-	-	0.152 \$ CAN/ litre de B 100	0.144
Saskatchewan ⁴	0.015 \$ CAN/ litre d'E10	0.142	-	-
Union Européenne				
Allemagne	-	0.893	470.40 € /1000 litres (de biodiesel pur)	
Autriche	15 € /1000 litres	0.607	28 € /1000 litres	0.444
Belgique	353 € /1000 litres ⁵	0.482	163.1 € /1000 litres ⁶	0.223
Danemark	30 € /1000 litres	0.041	30 € /1000 litres	0.484
Espagne	317.7 € /1000 litres	0.507	269.8 € /1000 litres	0.368
Estonie	Pas d'informations	Pas d'informations	Pas d'informations	Pas d'informations
France	370 € /1000 litres	0.450	330 € /1000 litres	0.341
Hongrie	414 € /1000 litres d'oxyde d'éthyle et de tert-butyle	0.565	340 € /1000 litres	0.464
Irlande	368 € /1000 litres	0.604	368 € /1000 litres	0.502

Italie	260 €/1000 litres		413 €/1000 litres	0.521
Lituanie	278.8 €/1000 litres	0.381	243.7 €/1000 litres	0.333
Luxembourg				
Malte	Pas d'informations	Pas d'informations	Pas d'informations	Pas d'informations
Pays-Bas	-	0.689	Huile végétale pure/pilote	0.416
Pologne	390 €/1000 litres	0.532	260 €/1000 litres	0.355
République tchèque	-	-	Pas d'informations	Pas d'informations
Royaume-Uni	289 €/1000 litres	0.394	289 €/1000 litres	0.394
Slovaquie	Exemption totale pour ≤ 15% d'oxyde d'éthyle et de tert-butyle	0.508	Exemption totale pour ≤ 5% d'esters de méthyle	0.524
Slovénie	Exemption totale pour E100	Pas d'informations	Exemption totale pour B100	Pas d'informations
Suède	530 €/1000 litres	0.723	390 €/1000 litres	0.532
Suisse	0.7312 FCH/litre	0.608	0.7587 FCH/l	0.631
États- Unis				
Arkansas	0.098 \$ US /gallon d'E85	0.115	-	-
Californie	0.090 \$ US/gallon d'E85	0.106	-	-
Delaware	0.010 \$ US/gallon d'E85	0.012	-	-
Floride	0.200 \$ US/gallon d'E85	0.235	-	-
Hawaï	4 % sur E10 ou E85		4 % sur ≥ B2	
Idaho	0.025 \$ US/gallon d'E85	0.29	0.025 \$ US/gallon de B2	1.25
Illinois	6.25 %/ > E70		6.25 % sur ≥ B10	
Indiana	0.020 \$ US/gallon d'E85	0.024	0.010 \$ US/gallon de B2	0.50
Iowa	0.020 \$ US/gallon d'E10	0.200	-	-
Maine	0.020 \$ US/gallon d'E10	0.200	-	-
Minnesota	0.058 \$ US/gallon d'E85	0.068	-	-
Missouri	0.270 \$ US/gallon d'E85	0.318	-	-
Montana	0.041 \$ US/gallon d'E10	0.410	-	-
New York	0.420 \$ US/gallon d'E85	0.494	0.420 \$ US/gallon de B100	0.420
Caroline du Nord	0.202 \$ US/gallon d'E85	0.238	0.202 \$ US/gallon de B2	101
North Dakota	0.220 \$ US/gallon d'E85	0.256		
Oklahoma	0.002 \$ US/gallon d'E10	0.020	-	-
Pennsylvanie	0.041 \$ US/gallon d'E10	0.410	-	-
South Dakota	0.020 \$ US/gallon d'E10	0.200	-	-

1. Les montants indiqués valent, sauf indication contraire, pour l'éthanol, le biodiesel et les huiles végétales vierges incorporés dans le carburant.
2. Les droits d'accises sont réduits à zéro pour l'éthanol produit en Australie ainsi que pour tout le biodiesel.
3. Devrait être éliminé le 1er avril 2008.
4. Se rapporte aux producteurs, ce qui compense les accises pour l'éthanol du Saskatchewan.
5. Sur 48 millions de litres du 1^{er} décembre 2007 au 31 décembre 2007.
6. Du 1^{er} janvier 2006 au 30 septembre 2007.

Sources : Mise à jour de Steenblik (2007); à partir du rapport GSI sur les pays (www.globalsubsidies.org).

Tableau 5a. Objectifs (Obj) et obligations (Obl) en matière d'utilisation ou de taux d'incorporation des biocarburants liquides (éthanol ou biodiesel)

Pays	Type	Quantité ou taux d'incorporation	Observations
Australie	Obj	350 millions de litres en 2010	Objectif indicatif
Victoria	Obj	5 % en 2010	Volontaire susceptible de devenir obligatoire
Union Européenne ¹	Obj/Obl	2 % en 2005 ; 5.75 % en 2010 ; 10 % en 2020	L'objectif pour 2020 se rapporte aux carburants renouvelables
Autriche	Obl	2.5 % en 2006	
France	Obj	7 % en 2010 ; 10 % en 2015	
Japon	Obj	6 milliards de litres en 2020	
États-Unis	Obl	2.78 % de la quantité d'essence consommée en 2006 (4 milliards de gallons, ou 15 GL) ; 7.5 milliards de gallons (28 GL) en 2012	Dont 0.25 milliard de gallons (0.95 GL) doivent être de l'éthanol cellulosique en 2013. Le taux d'intervention varie selon les matières de base.
Iowa	Obj	10 % en 2009 ; 25 % en 2020	

1. Les objectifs ou obligations des pays membres ne sont indiqués que s'ils sont plus ambitieux que ceux formulés au niveau de l'Union Européenne.

Source : Steenblik (2007, p. 28), à partir du rapport GSI (www.globalsubsidies.org).

Bon nombre de ces aides liées à la production sont complétées par la fixation d'objectifs à atteindre ou d'obligations à respecter en matière de taux d'incorporation de certains "carburants renouvelables" dans les mélanges éthanol/essence et biodiesel/gazole. Certains de ces objectifs et obligations (les États-Unis les appellent "normes", ce qui est source de confusion puisque le respect de "normes" n'est pas obligatoire) ne font pas de distinction entre les différents biocarburants (Tableau 5a), mais beaucoup d'autres ne valent que pour l'éthanol ou le biodiesel (Tableau 5b). Certains États fédérés des États-Unis ont lié la mise en œuvre des obligations à la création de capacités

de production de biocarburants sur leur territoire. Les taux d'incorporation fixés ou imposés sont en règle générale plus élevés pour l'éthanol que pour le biodiesel. La Suisse n'a à ce jour même pas encore fixé d'objectif en matière de niveau futur d'utilisation des biocarburants.

Tableau 5b. Objectifs et obligations en matière d'utilisation ou de taux d'incorporation de l'éthanol ou du biodiesel

Pays, province ou État	Éthanol			Biodiesel		
	Type	Quantité ou taux d'incorporation	Année	Type	Quantité ou taux d'incorporation	Année
Australie						
New South Wales	Obj	2% 10%	2007 2011	–	Néant	–
Queensland	Obj	10%	2010	–	Néant	–
Brésil (fédéral)	Obj	25%	1966	Obj	2%	2008
	Obj	20-25%	1992	Obj	5%	2013
Canada						
Fédéral	Obj	5%	2010	–	2%	2012
British Columbia	Obj	5% (proposé)	2010	Obj	5% (proposé)	2010
Saskatchewan	Obj	1% 7.5%	2005 2007	Obj	2.5% 5%	2008 2010
Manitoba	Obj	8.5% (proposé)	expecte d early 2008	–	Néant	–
Ontario	Obj M T	5% 10%	2007 2010	–	Néant	–
Quebec	Obj	5% (proposé)	2012	–	Néant	–
Union Européenne						
Allemagne	Obj	3.6%	2010		4.4%	2007
États-Unis						
Hawaii	Obj	85% d'essence doit contenir >10% d'éthanol	2006	–	Néant	–
Louisiana	Obj	2%	(¹)	Obj	2%	(²)
Minnesota	Obj	20%	2013	Obj	2%	2005
Missouri	Obj	10%	2008	–	Néant	–
Montana	Obj	10%	(³)	–	Néant	
New Mexico	–	None	–	Obj	5%	2012
Oregon	Obj	10%	2007	Obj	2% 5%	2007 (2010)
Oregon (Portland)	Obj	10%	2007	Obj	2% (10%)	2007 (2010)
Washington(4)	Obj	2%	2008	Obj	2%	2008

1. L'obligation devient effective dans les six mois suivant la date à laquelle la quantité mensuelle d'éthanol dénaturé produite dans l'État égale ou excède un volume annuel de production d'au moins 50 millions de gallons. L'éthanol doit être extrait de végétaux cultivés sur le territoire de l'État.

2. L'obligation devient effective dans les six mois suivant la date à laquelle la quantité mensuelle de biodiesel produite dans l'État égale ou excède un volume annuel de production d'au moins 10 millions de gallons. Le biodiesel doit être extrait de végétaux cultivés sur le territoire de l'État.
3. L'obligation devient effective dans l'année suivant la date à laquelle le Ministère des Transports du Montana a officiellement déclaré que l'État a produit 40 millions de gallons d'éthanol et a continué à en produire autant pendant au moins 3 mois.
4. L'obligation peut devenir effective plus rapidement si le Directeur du Ministère de l'Écologie de l'État atteste que les matières de base produites dans l'État de Washington suffisent pour remplir une obligation d'incorporation de 2 pour cent. L'obligation relative au biodiesel passera à 5 pour cent, dès que les matières de base produites et les capacités de broyage des oléagineux installées sur le territoire de l'État permettront de remplir une obligation d'incorporation de 3 pour cent.

Sources des données : Steenblik (2007, p. 28), à partir du rapport GSI (www.globalsubsidies.org).

3.2.2. Aides aux facteurs de production et aux intrants intermédiaires

Le principal intrant intermédiaire intervenant dans la production de l'éthanol est la biomasse constituée pour l'essentiel de sucre de canne ou de molasses au Brésil et en Australie, de froment au Canada, de céréales, de betteraves sucrières et de vin dans l'Union Européenne, de cellulose ligneuse en Suisse et de maïs aux États-Unis. L'eau et les combustibles utilisés pour générer la chaleur nécessaire à la fermentation et à la distillation en sont d'autres, comme le sont le méthanol et l'hydroxyde de sodium pour la fabrication du biodiesel. L'identification des aides dont ces intrants bénéficient sort du cadre des études sur lesquelles le présent rapport se fonde.

Le coefficient nominal de protection du consommateur, donné par le rapport entre le prix moyen payé par le consommateur et le prix à la frontière (ajustés tous les deux sur le prix départ exploitation), montre de combien les interventions opérées sur le marché d'un produit majorent le prix payé par son consommateur. Le Tableau 6 montre qu'en 2005, ce coefficient était, dans presque tous les pays étudiés, proche de l'unité pour les principaux végétaux utilisés pour produire du biocarburants, ce qui veut dire que les producteurs de biocarburants n'étaient pas pénalisés par les mesures prises pour maintenir les cours intérieurs de ces végétaux à un niveau supérieur au prix auquel ils pouvaient être achetés à l'étranger.

Il y a quelques exceptions à la règle. Le coût de certaines matières de base utilisables pour produire de l'éthanol est rendu prohibitif dans certains pays par des mesures, notamment le prélèvement de droits d'entrée, qui font monter les prix intérieurs. Il apparaît ainsi que des firmes suisses qui voudraient extraire, par fermentation et distillations classiques, de l'éthanol de végétaux cultivés en Suisse devraient payer leurs matières de base beaucoup plus cher que les producteurs d'éthanol d'autres pays. Le coefficient de protection nominale du consommateur révèle que le froment, le maïs et les autres céréales suisses coûtent respectivement 46, 91 et 76 pour cent de plus que ceux qui sont disponibles sur les marchés mondiaux. L'écart est même de 250 pour cent pour le sucre (près de 3 fois et demi le cours mondial)⁷. Il n'est donc pas étonnant que la Suisse n'a produit qu'un peu moins d'un million de litres d'éthanol en 2005 et que toute sa production est issue de cellulose ligneuse⁸.

Tableau 6. Coefficients de protection nominale du consommateur pour les produits utilisés ou utilisables comme matières de base pour la production d'éthanol (2005)

	Sucre	Céréales	Oléagineux
Australie	Sucre de canne : 1.00	Froment : 1.00	Non indiqué ¹
Brésil	Sucre de canne : 1.00	Non indiqué	Soya : 1.00
Canada	Non indiqué	Froment : 1.00 Maïs : 1.00	Colza : 1.00
Union Européenne	Sucre de betteraves : 2.40	Froment : 1.08 Maïs : 1.29 Pommes de terre : 1.10	Colza : 1.0 Tournesol : 1.00
Suisse	Sucre de betteraves : 3.51	Froment : 1.46 Maïs : 1.91	Oléagineux : 3.87
États-Unis	Sucre de canne et de betteraves : 2.09	Maïs : 1.00 Sorgho : 1.00	Soya : 1.00

1. L'Australie tire le plus gros de son biodiesel de graisses animales et d'huiles de friture usagées.

Sources : Brésil : OCDE (2005) ; Autres pays : Estimations du soutien aux producteurs et aux consommateurs, Base de données de l'OCDE, 1986-2005
[www.oecd.org/document/55/0.2340.en-2649--37401-36956855-1-1-1-37401.00.html](http://www.oecd.org/document/55/0,2340,en-2649--37401-36956855-1-1-1-37401.00.html)

3.2.3. Aides aux facteurs de production

Les aides aux facteurs de production, notamment les équipements de production, sont l'une des formes de soutien les plus difficiles à imputer à l'une ou l'autre branche d'activité. Les mesures générales destinées à stimuler les investissements ne sont par définition pas tenues pour être des aides spécifiques et ne sont donc pas comptabilisées au nombre des aides sectorielles. Il est souvent fait état de la budgétisation de crédits destinés à financer l'octroi d'aides non remboursables, de prêts publics ou de prêts garantis par l'État pour stimuler les investissements, mais il est plus rare que la destination de ces crédits (et, dans le cas des prêts, les conditions financières dont ils sont assortis) soit détaillée. Tel semble bien être le cas des aides publiques aux investissements dans les unités de production de biocarburants qui ont bénéficié d'une multitude d'aides souvent fournies par les pouvoirs subordonnés.

Les sucreries et distilleries d'éthanol brésiliennes ont bénéficié, pendant les années 70 et 80, de prêts considérables dont bon nombre n'ont pas été remboursés ou ont été remboursés à des taux de loin inférieurs au taux du marché. L'État brésilien n'offre plus ce genre d'aide depuis de nombreuses années.

D'autres pays ont fait de même plus récemment, mais le total des sommes versées reste loin en deçà de celui des aides à la production. L'Australie a ainsi lancé en 2003 un programme de soutien financier des biocarburants doté de 37.6 millions \$ AUS dans le but de stimuler la construction de nouvelles unités de production de biocarburants. Les États-Unis vont beaucoup plus loin dans ce domaine puisque l'article 1512 de leur loi de politique énergétique de 2005 permet de subventionner la construction d'unités de production d'éthanol cellulosique à hauteur de 100 millions \$ US en 2006 montant à 400 millions \$ US en 2008.

Plusieurs pays ont usé d'aides non remboursables ou de prêts garantis par l'État pour pousser les agriculteurs à s'impliquer davantage dans les unités de production de biocarburants. L'État du Minnesota a par exemple spécialement axé son programme de prêts aux unités de production d'éthanol (qui s'est terminé en 1999) sur les coopératives agricoles de production d'éthanol. En Europe, l'Autriche accorde également aux unités de production de biocarburants des aides qui montent à 55 pour cent des coûts totaux d'investissement, si 51 pour cent au moins des actions de ces unités sont détenues par des agriculteurs. La province canadienne du Manitoba a affecté 1.2 million \$ CAN au soutien des petites et moyennes unités de production de biocarburants.

Le Canada a toutefois, dans l'ensemble, préféré accorder des prêts plutôt que des aides non remboursables aux unités de production de biocarburants. Le Gouvernement fédéral a ainsi annoncé récemment qu'il affectait 200 millions \$ CAN au financement de prêts à des projets de carburant renouvelable à partir d'avril 2007. Ce programme fait suite à un précédent "Programme d'expansion du marché de l'éthanol" qui a financé l'octroi, à concurrence de 117.5 millions \$ CAN, de prêts à remboursement différé destinés à soutenir la construction ou l'agrandissement de 12 unités de production d'éthanol au Canada.

Il est de plus en plus fréquent dans les pays fédéraux, comme l'étude américaine le souligne, que les investisseurs puisent à des sources multiples d'aides publiques. Il n'est ainsi pas inhabituel que des unités de production de biocarburants aient bénéficié d'aides accordées par des municipalités sous la forme de terrains gratuits ou de raccordement aux réseaux publics de distribution, par les États fédérés sous la forme soit de crédits d'impôt pour les investissements, soit d'aides ou de prêts pour le développement économique et par l'État fédéral dans le cadre de divers programmes agricoles, énergétiques ou de développement régional. Il s'est par ailleurs avéré que plus de 60 pour cent du capital investi dans une usine installée dans l'Ohio provenaient de crédits ou d'aides publics (Koplow, 2006).

Les aides aux facteurs de production, notamment les aides à l'investissement en nouvelles usines, sont nettement inférieures aux aides à la production et bon nombre d'entre elles sont allouées dans le cadre de programmes généraux. Étant donné toutefois que ces prêts publics ou garantis par des pouvoirs publics font souvent assumer le risque de cessation de remboursement par l'organisme public qui les accorde, bon nombre de collectivités ont donc engagé énormément d'argent public pour assurer l'avenir de la production de biocarburants. Le montant des capitaux publics engagés, le degré de risque couru et les implications en termes de dépendance future des collectivités locales vis-à-vis de la continuité des aides de l'État central au secteur des biocarburants sont des questions importantes qui méritent d'être approfondies.

3.2.4. Aides à la recherche, au développement et à l'innovation

La plupart des pays producteurs de biocarburants ont adopté des programmes de soutien public de la recherche, du développement et de l'innovation portant sur les différents maillons de la chaîne d'approvisionnement. Étant donné la multiplicité des spécialisations qui entrent en jeu, depuis l'agronomie jusqu'à la pyrométrie, et des services publics que les biocarburants intéressent (agriculture, énergie, transport, environnement), l'identification de tous les programmes qui soutiennent directement le secteur n'a rien d'une tâche facile.

L'orientation donnée aux mécanismes de financement dans tous les pays révèle clairement qu'une proportion croissante des crédits affectés à la recherche et au développement est canalisée vers l'aide aux biocarburants de la seconde génération, notamment l'éthanol cellulosique. Tel est le cas :

- du Programme canadien d'innovation pour les bioproduits agricoles doté de 145 millions \$ CAN qui soutiendra à partir de 2007 les réseaux de recherche multisectoriels dont les travaux de recherche et de développement scientifiques sont propres à contribuer à la mise en place d'une bio-économie canadienne ;
- du sixième programme-cadre de la Communauté Européenne pour des actions de recherche, de développement technologique et de démonstration qui soutiendra, à hauteur d'au moins 68 millions €, les recherches menées dans le domaine de la biomasse en vue de créer des biocarburants de deuxième génération et d'intégrer l'utilisation de la biomasse dans des bio-raffineries ;
- de l'Initiative pour les biocarburants lancée par les États-Unis en 2006 dans le but d'accélérer la recherche destinée à rendre l'éthanol cellulosique compétitif en termes de coût d'ici 2012. Ce programme intersectoriel se focalise sur la transformation d'une biomasse non alimentaire, constituée par exemple de déchets agricoles, de résidus de la sylviculture et d'herbes pérennes, en carburants utilisables dans les transports, en électricité et en d'autres produits. L'un de ces objectifs est de remplacer jusqu'à 30 pour cent du carburant utilisé dans les transports du pays par des biocarburants d'ici 2030. Les moyens de financement sont proches de 150 millions \$ US par an.

4. MARCHÉS INTERNATIONAUX ET OBSTACLES AUX ÉCHANGES

L'éthanol et les huiles végétales circulent d'un pays à l'autre depuis de nombreuses décennies. Avant la fin des années 70, l'éthanol était importé principalement pour servir à la fabrication de boissons ou être utilisé à des fins industrielles. L'émergence de politiques de défiscalisation des carburants automobiles contenant des biocarburants, notamment de l'éthanol, a toutefois permis de s'attendre à une augmentation des volumes échangés. L'imposition par les États-Unis, en 1980, d'un droit dit "secondaire" sur l'éthanol carburant importé a cependant fortement freiné le développement de ces échanges à leurs débuts.

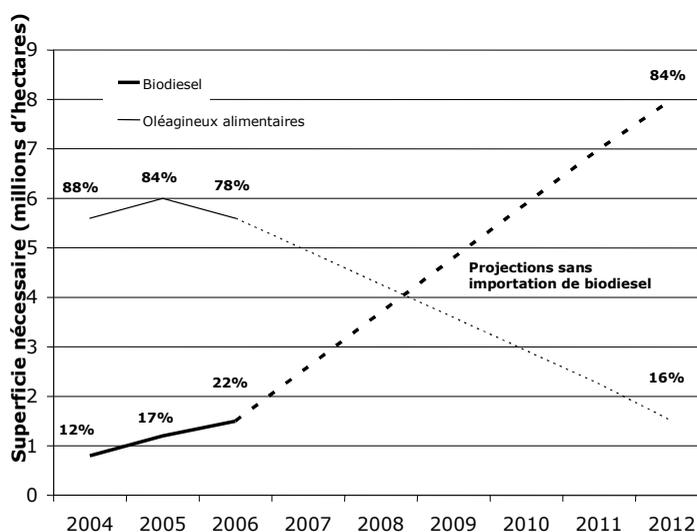
La nouvelle flambée des cours du pétrole et la fixation par un nombre croissant de pays de normes d'utilisation de carburants renouvelables redonnent de l'intérêt aux échanges d'éthanol et d'huiles végétales. Étant donné que les statistiques commerciales n'opèrent pas de distinction entre l'éthanol carburant et l'éthanol destiné à d'autres usages, entre les huiles végétales destinées à la transformation et les autres ou entre le biodiesel et d'autres produits chimiques, il n'est pas possible de déterminer avec exactitude le volume ou la valeur de leurs échanges. Il est toutefois raisonnable d'estimer que les échanges ont couvert un dixième environ de la consommation mondiale d'éthanol carburant en 2005 (Walter *et al.*, 2007). La proportion des huiles végétales utilisées comme matières de base pour la production de biocarburants (ou comme huiles végétales vierges) et de biodiesel qui provient de l'étranger n'est pas connue, mais ne devrait pas avoir excédé 10 pour cent du marché en 2005.

Le volume des échanges augmentera vraisemblablement à l'avenir, pour la simple raison sans doute que l'augmentation de la production atteindra ses limites dans plusieurs des principaux pays consommateurs de l'OCDE, en Europe en particulier. Les oléagineux à usage énergétique occupent

déjà 22 pour cent des superficies plantées en oléagineux dans l'Union Européenne et devraient en occuper 84 pour cent, ce qui est parfaitement irréaliste, pour que les volumes pris comme cible pour 2012 puissent être atteints (Figure 7). L'Union Européenne devrait, si elle limitait au contraire à 50 pour cent la proportion des terres plantées en oléagineux destinés à la fabrication de biocarburants, toujours importer 4.2 millions de tonnes d'huiles végétales et de biodiesel en 2012, alors qu'elle en importait environ 7.5 millions de tonnes (à usage alimentaire et industriel) en 2006 (Jank *et al.*, 2007).

Plusieurs barrières -- tarifaires et non tarifaires -- continuent toutefois à faire obstacle aux échanges de biocarburants et de matières de base servant à leur fabrication.

Figure 7. **Proportion des superficies plantées et à planter en oléagineux pour atteindre les objectifs fixés par l'Union Européenne en matière de biocarburants**



Source : Jank *et al.* (2007).

4.1. Barrières tarifaires

Les droits d'entrée s'appliquent, comme la section 3.1 l'avait souligné, tant aux biocarburants qu'aux matières dont ils sont extraits. Les droits prélevés sur l'éthanol et ses matières de base (notamment le sucre) sont généralement plus élevés que ceux qui sont prélevés sur le biodiesel ou ses matières de base (qui peuvent également être vendues en tant qu'huiles végétales vierges). Les droits NPF oscillent entre plus ou moins 6 et 50 pour cent en équivalent *ad valorem* pour l'éthanol dans l'OCDE, mais montent à 186 pour cent dans le cas de l'Inde, et sont relativement faibles pour le biodiesel dans les pays de l'OCDE où ils vont de 0 à 7 pour cent. Les droits prélevés par les pays en développement se situent pour la plupart dans une plage allant de 14 à 50 pour cent (Steenblik, 2006).

Les dérogations au régime des droits d'entrée prévues dans des accords commerciaux bilatéraux ou régionaux et le système des préférences généralisées protègent les producteurs intérieurs de ces biocarburants et de leurs matières de base et permettent d'en produire une certaine quantité qui ne serait pas autrement, mais peuvent avoir pour effet de distordre les courants d'échanges⁹. L'exemple du Pakistan peut illustrer le propos. Avant le 1er janvier 2005, le Pakistan était couvert par les

Arrangements spéciaux pour combattre le trafic et la production de drogue arrêtés dans le cadre du Système de préférences généralisées de l'Union Européenne qui lui permettaient d'exporter son éthanol vers l'Union Européenne en franchise de droit. Il était ainsi devenu son deuxième fournisseur étranger d'éthanol (Bendz, 2006) et a continué, une fois ramené dans le champ d'application du régime général, à bénéficier pendant six mois d'une réduction de 15 pour cent des droits d'entrée pour son éthanol. L'éthanol ayant toutefois été retiré du champ d'application du régime général le 1er janvier 2006, l'éthanol pakistanais a perdu son statut préférentiel. En juillet 2005, le Pakistan a signalé que la perte de ce volume d'échanges avait entraîné la fermeture de deux de ses sept distilleries et que cinq distilleries allaient probablement renoncer à ouvrir leurs portes en raison des préoccupations soulevées par l'état du marché (Bendz, 2005).

Un même sort pourrait attendre les exportateurs d'éthanol opérant dans les Caraïbes qui bénéficient actuellement et depuis 1983 d'un régime spécial qui leur permet d'exporter en franchise de droits vers les États-Unis des quantités d'éthanol égales à 7 pour cent au maximum de la consommation intérieure américaine. Au lieu de fabriquer eux-mêmes cet éthanol, la plupart d'entre eux déshydratent de l'éthanol importé du Brésil pour effectuer une opération génératrice de valeur ajoutée grâce à laquelle ils peuvent se conformer à la loi américaine qui exige que les produits inclus dans le contingent tarifaire aient été "substantiellement transformés" s'ils ne proviennent pas du pays même. Les pays du bassin des Caraïbes n'ont par le passé jamais épuisé leur contingent. Les 9.3 milliards de litres d'éthanol qui pourraient entrer aux États-Unis en franchise de droits (en continuant à bénéficier du crédit d'impôt) au cas où la consommation de 35 milliards de gallons (132.5 milliards de litres) de carburants alternatifs voulue par le Président Bush pour 2017 serait rendue obligatoire ont déclenché une volée de nouveaux investissements dans des usines de déshydratation (Etter et Millman, 2007). La quasi totalité de ces nouvelles capacités deviendrait inutile, si le Congrès américain ne prorogeait pas le tarif "secondaire" au moment où il arrivera à expiration à la fin de 2008 ou décidait d'abroger le contingent tarifaire.

Le classement des biocarburants dans le Système harmonisé (SH) soulève un autre problème d'ordre tarifaire. Comme ce classement ne correspond pas bien à leurs conditions d'utilisation, l'application des droits d'entrée peut poser des problèmes de cohérence, laisser planer des doutes ou être discriminatoire (Howse *et al.*, 2006). L'éthanol carburant brésilien, par exemple, est entré en Suède jusqu'à la fin de 2006 en étant classé non pas dans la position SH 2297.20 de l'éthanol dénaturé, mais dans la sous-position SH 3824.90 du biodiesel pour laquelle les droits d'entrée sont beaucoup moins élevés¹⁰.

4.2. Barrières non tarifaires

Dans la langue des échanges, les "barrières non tarifaires" englobent une multitude d'obstacles qui, à la frontière ou derrière la frontière, peuvent freiner ou inhiber les échanges. Le Secrétariat de la CNUCED (CNUCED, 2005) classe les barrières non tarifaires dans les différentes catégories suivantes :

- Participation du secteur public aux échanges et pratiques restrictives tolérées par les pouvoirs publics.
- Formalités douanières et administratives à accomplir à l'entrée.
- Barrières techniques aux échanges.
- Mesures sanitaires et phytosanitaires.

- Limitations spécifiques (restrictions quantitatives, etc.).
- Droits autres que d'entrée frappant les importations (surtaxes, droits de port, etc.).

Beaucoup de barrières non tarifaires, notamment les règles relatives à la santé publique et à la sécurité, sont considérées comme essentielles par tous ceux qui s'occupent de politique commerciale, mais d'autres, telles que la longueur des opérations de dédouanement due à la lourdeur excessive des formalités douanières et administratives à accomplir à l'entrée, mériteraient d'être rabattues. Le présent rapport ne s'arrête qu'aux barrières non tarifaires qui entravent spécifiquement les échanges des biocarburants ou de leurs matières de base, c'est-à-dire la participation du secteur public aux échanges et les pratiques restrictives tolérées par les pouvoirs publics, les mesures sanitaires et phytosanitaires et les barrières techniques aux échanges.

4.2.1. Normes sanitaires et phytosanitaires

Les matières de base destinées à la production de biocarburants, les biocarburants eux-mêmes et les véhicules conçus pour les consommer doivent souvent justifier à la frontière de leur conformité à des normes sanitaires ou phytosanitaires et à diverses règles techniques. Les normes sanitaires et phytosanitaires sont importantes pour les matières de base qui peuvent, étant donné leur origine biologique, être porteuses d'insectes nuisibles ou d'agents pathogènes. Les plus courantes de ces normes sont celles qui concernent les résidus de pesticides. Quoique les résidus de pesticides soient réglementés essentiellement pour assurer l'innocuité des denrées alimentaires et des boissons et posent beaucoup moins de problèmes s'ils se retrouvent dans des matières destinées à être transformées en biocarburants par des procédés thermiques ou chimiques, les douaniers ne peuvent qu'appliquer les mêmes règles aux végétaux destinés à la production de carburants et à ceux qui sont destinés à l'alimentation humaine ou animale, surtout s'ils n'ont pas les moyens de déterminer l'usage final du produit. Il n'est habituellement pas difficile de respecter les normes relatives aux résidus de pesticides, mais ces normes ont à l'occasion toutefois motivé le rejet de cargaisons de céréales importées en particulier de pays en développement (OCDE, 2005).

4.2.2. Normes techniques

Dans la langue de l'OMC, les normes techniques sont des obligations qui ne sont pas couvertes par l'accord sur les normes sanitaires et phytosanitaires. Elles concernent, dans le cas des biocarburants, les caractéristiques chimiques et physiques du produit fini ainsi que les processus de production et de transformation tant de ce produit fini que de ses matières de base.

Les caractéristiques techniques des carburants liquides, biocarburants compris, utilisés dans les transports sont réglementées dans tous les pays dans le but premier d'assurer la sûreté de ces carburants et de mettre le consommateur à l'abri de la vente de carburants susceptibles de causer des dommages coûteux au moteur de leurs véhicules.

Les deux catégories de règles techniques qui pèsent sur les échanges de biocarburants sont celles qui concernent les caractéristiques techniques de ces biocarburants, d'une part, et qui fixent les quantités maximales d'éthanol ou de biodiesel incorporables dans les carburants pétroliers commercialisés, d'autre part.

Les règles relatives aux caractéristiques techniques des carburants posent moins de problèmes pour l'éthanol que pour le biodiesel. L'alcool éthylique est un produit chimique simple qui peut, à la vente, contenir de l'eau, des volumes infimes d'impuretés (méthanol, chlore et cuivre) et un dénaturant, de l'essence par exemple. Tous les pays n'ont pas fixé de normes de qualité spéciales pour l'éthanol

carburant (ils lui appliquent alors habituellement les normes applicables aux alcools neutres destinés à la fabrication de boissons ou à l'alcool à usage industriel) et les exigences auxquelles les produits importés doivent répondre peuvent donc varier quelque peu. (La liste des normes en vigueur peut être consultée sur www.distill.com/specs/index.html). Il n'est en général pas difficile de se conformer aux règles malgré cette variabilité des volumes autorisés de dénaturants et d'impuretés.

A l'inverse, beaucoup de caractéristiques chimiques et physiques du biodiesel, en l'occurrence sa densité, sa viscosité, son indice de cétane, son point d'éclair, sa teneur en iode et sa teneur en soufre, dépendent des matières de base et de leur mode de transformation et peuvent varier dans de très fortes proportions. La définition du biodiesel adoptée par l'Organisation mondiale des douanes fait expressément référence à la norme D 6751 de l'"*American Society for Testing and Materials*" (Société américaine d'essais et d'analyse des matériaux) relative au biodiesel (B100) destiné à être mélangé à des carburants distillés. Certaines clauses de l'Accord de l'OMC sur les obstacles techniques au commerce autorisent toutefois les pays membres à adopter des règles qui leur sont propres s'ils peuvent les justifier. La Commission Européenne a donc arrêté sa propre norme n° 14214 qui limite en outre la teneur des biocarburants en iode à 120 grammes au maximum par 100 grammes¹¹. Jank *et al.* (2007) soulignent à ce propos que cette norme plafonne dans les faits à 20-25 pour cent la part que le soya peut prendre dans la fabrication du biodiesel, étant donné que sa teneur en iode est relativement élevée. Le biodiesel extrait du colza, le principal biodiesel produit en Europe, se conforme sans problème à la norme.

Le biodiesel tiré de l'huile de palme peine à répondre aux normes de plusieurs pays. Ce biodiesel est en effet plus difficile à utiliser par temps froid, parce que la température à laquelle les solides qu'il contient en solution commencent à se reformer et à se séparer de l'huile (c'est-à-dire son point d'opacification) est plus basse que pour celui qui est tiré de la plupart des autres huiles de noix ou de graines. Le problème peut être résolu en poussant la transformation plus avant, mais il limite les possibilités d'utilisation de ce biodiesel dans des climats semblables à ceux d'Europe septentrionale et du Canada.

4.2.3. Normes et règles de durabilité

Les échanges de biocarburants souffrent de plus en plus de l'application, effective ou envisagée, aux biocarburants ou à leurs matières de base (l'huile de palme par exemple) de normes et règles relatives à des processus ou méthodes de production qui n'ont rien à voir avec le produit. Les discriminations générées par l'application de telles normes et règles sont hautement contestables et ont été au cœur de plusieurs conflits commerciaux auxquels l'OMC a donné une issue qui fait aujourd'hui jurisprudence.

Ces normes et règles, analysées plus en profondeur dans un rapport qui accompagne celui-ci, peuvent se répartir en quatre grandes catégories :

- *Normes privées* : elles sont fixées par des organisations non gouvernementales et ne sont pas contraignantes.
- *Normes indicatives arrêtées par les pouvoirs publics* : elles vont souvent de pair avec le lancement de labels de qualité et visent à récompenser (par le biais du prix plus élevé que devraient payer les consommateurs concernés) ceux qui font mieux que ce qu'elles prescrivent.
- *Règles d'accès aux allègements fiscaux et aux aides* : elles définissent les conditions particulières à remplir pour pouvoir bénéficier d'aides publiques ou de mesures comparables.

- *Règles liées à l'atteinte d'objectifs intérieurs* : elles subordonnent l'atteinte d'un objectif intérieur (en matière par exemple de réduction des émissions de gaz à effet de serre produites par une branche d'activité particulière) à la certification des règles applicables à l'une ou l'autre phase de la production ou transformation d'un produit.

Les paragraphes qui suivent donnent quelques exemples de normes et règles de ce genre qui ont déjà été mises en place ou devraient l'être bientôt.

Normes privées

Les normes et systèmes de certification privés peuvent être conduits par des producteurs, des consommateurs ou même des personnes sans lien financier direct avec le secteur agissant séparément ou ensemble. Beaucoup de normes de ce genre sont énoncées au niveau national. Tel est le cas par exemple des "Principes et pratiques en matière de production durable de biomasse" de l'*Institute for Agriculture and Trade Policy* (Institut américain pour la politique agricole et commerciale) qui visent à améliorer la durabilité de la production de biomasse dans la région du haut Nord-Ouest (Kleinschmit, 2006a et 2006b). Au niveau international, les acteurs économiques appartenant au monde des oléagineux et de la canne à sucre ont créé une Table Ronde sur l'huile de palme durable (www.rspo.org) et une Table Ronde sur le soya durable¹², d'une part, et une Initiative pour une meilleure canne à sucre (www.bettersugarcane.org), d'autre part. Les producteurs du secteur visent ce faisant à améliorer leur image environnementale et sociale, par l'adoption notamment de codes de bonne pratique.

La "*Roundtable on Sustainable Biofuels*" (Table Ronde sur les biocarburants renouvelables) lancée en avril 2007 se situe à un niveau plus global. Installée à l'"*Energy Center*" de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, en Suisse, la Table Ronde réunit des organisations non gouvernementales, des entreprises, des administrations publiques, des organisations intergouvernementales, des experts et d'autres parties intéressées qui veulent définir les principes à respecter et les conditions à remplir pour que les biocarburants tiennent leur promesse de durabilité¹³. Ces conditions se répartissent en quatre catégories, à savoir : 1) l'efficacité en matière d'émissions de gaz à effet de serre produites sur l'ensemble du cycle de vie ; 2) les impacts sur l'environnement en général et sur la biodiversité, les sols et les ressources hydriques en particulier ; 3) les impacts sociaux sur les droits des travailleurs et la sécurité alimentaire ; et 4) la mise en œuvre (les normes doivent être simples à appliquer et à mesurer). La Table Ronde s'est donnée pour objectif de publier son premier projet de normes en 2008 et espère que ces normes deviendront alors un outil que les consommateurs, les responsables politiques, les entreprises, les banques et d'autres acteurs pourront utiliser pour faire en sorte que les biocarburants tiennent leur promesse de durabilité (EPFL Energy Center, 2007).

Normes officielles indicatives

Beaucoup de pays de l'OCDE commencent à voir apparaître des normes purement indicatives de durabilité entérinées par les pouvoirs publics qui préludent souvent à l'adoption de normes ou règles liées à des politiques d'aide ou de défense de l'environnement (van Dam *et al.*, 2006). Les normes de ce type actuellement en vigueur ne le sont que sous la forme de systèmes pilotes.

Règles liées à des régimes d'allègements fiscaux ou d'aides

Il existe actuellement dans le monde au moins une règle de ce type en vigueur et deux autres qui en sont au stade de projet. Le Brésil a créé à la fin de 2004 (décrets 5297 et 5298), dans le cadre d'un ensemble de mesures relevant de son programme national pour le biodiesel, un sceau social du carburant qui vise à tenir compte de l'inégalité sociale des régions ainsi que de leur potentiel

agro-écologique de production de matières de base transformables en biodiesel. Le biodiesel des producteurs qui reçoit ce sceau est taxé à un taux moins élevé que celui qui est appliqué au gazole pétrolier. La taxe est réduite de 100 pour cent, si le biodiesel est extrait d'huile de ricin ou de palme dans le Nord et le Nord-Est du pays et de 67 pour cent, s'il est tiré d'autres sources dans d'autres régions où il ne peut pas obtenir le sceau. Les modalités de fonctionnement du système sont telles que les entreprises brésiliennes sont seules à pouvoir bénéficier des allègements fiscaux les plus importants.

En mars 2007, la Suisse a modifié sa loi sur l'imposition des huiles minérales, afin de subordonner à l'avenir (vraisemblablement à partir de 2008) l'accès aux allègements fiscaux prévus pour le biodiesel au respect de différentes conditions environnementales et sociales (Encadré n° 1). En vertu des modifications apportées à la loi, les biocarburants indigènes et importés bénéficiant d'une exonération fiscale doivent justifier d'un bilan écologique global positif et de conditions de production socialement acceptables. En outre, le Conseil fédéral fixe, en tenant compte de l'offre indigène, la quantité de carburants issus de matières premières renouvelables qui peut être exonérée lors de l'importation.

Encadré n° 1 : Modification du 23 mars 2007 des dispositions de la loi suisse sur l'imposition des huiles minérales relatives à l'exonération fiscale des biocarburants

Article 12b - Exonération fiscale pour les carburants issus de matières premières renouvelables

1. Les carburants indigènes issus de matières premières renouvelables sont exonérés de l'impôt conformément à l'alinéa 3.
2. Le Conseil fédéral fixe, en tenant compte de l'offre indigène, la quantité de carburants issus de matières premières renouvelables qui peut être exonérée lors de l'importation. L'exonération fiscale ne peut être accordée que si les exigences visées à l'alinéa 3 sont remplies.
3. Le Conseil fédéral désigne les carburants issus de matières premières renouvelables. Il fixe :
 - a) l'ampleur de l'exonération fiscale, en tenant compte :
 1. en particulier des matières premières indigènes renouvelables ;
 2. de la contribution de ces carburants à la protection de l'environnement et aux objectifs de la politique énergétique ;
 3. de la compétitivité de ces carburants par rapport aux carburants d'origine fossile ;
 - b) les exigences minimales relatives à la preuve d'un bilan écologique global positif et veille à ce que les conditions de production soient socialement acceptables.

Plus récemment encore, un groupe créé aux Pays-Bas en 2006 a soumis au Ministre néerlandais du Logement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, plusieurs propositions relatives aux modalités de mise en place d'un marché des bioénergies renouvelables (*Creative Energie*, 2007)¹⁴. Le rapport propose que les biocarburants ne puissent être subventionnés que s'il répondent à neuf conditions principales et à une foule de sous-conditions (Annexe 1). Rembrant (2007) souligne à ce propos que :

« Bon nombre de ces conditions doivent encore être affinées sur le plan du contrôle de leur respect par les producteurs de bioénergies. Un système préliminaire moins exigeant entrera en vigueur en 2008, au moment où le Gouvernement néerlandais lancera son nouveau régime d'aides aux énergies durables. Viendront ensuite plusieurs années de développement et d'essais au terme desquelles toute la panoplie des conditions sera mise en place en 2011, avec son jeu d'indicateurs et son système de suivi appropriés. La Commission Européenne aura d'ici là proposé un système comparable pour toute l'Europe. »

Les conditions proposées sont, si elles s'additionnent, extrêmement sévères et difficiles à remplir, même par de nombreux producteurs des pays de l'OCDE. Plusieurs d'entre elles sont en outre hautement prescriptives. La condition 2.2 par exemple stipule que la biomasse ne doit pas être produite dans des zones qui, telles certaines prairies, tourbières, mangroves ou zones humides, présentent un risque élevé de perte significative de carbone stocké dans le sol. Il est permis de se demander si de telles conditions ne condamnent pas l'éthanol extrait des palmiers des mangroves malaisiennes, alors que cette pratique semble en fait contribuer à stocker le carbone dans ces sols.

Règles liées à l'atteinte d'objectifs intérieurs

Le principal exemple de ce type de règles se trouve dans un règlement britannique qui oblige les distributeurs de carburant à inclure, dès le 1er avril 2008, des biocarburants dans leurs ventes et à porter la proportion des biocarburants ainsi vendus à 5 pour cent en 2010. Les entreprises assujetties à cette obligation devront faire rapport sur les quantités nettes de gaz à effet de serre non émises ainsi que sur la durabilité des biocarburants qu'elles distribuent. Ces données serviront de base à la définition de normes de durabilité qui pourraient devenir obligatoires en cas de prorogation du règlement.

Il n'est pas (encore) exigé que le rapport opère une distinction entre les différentes sources, mais les distributeurs de carburant qui ne rendent pas de rapports ne peuvent pas obtenir d'attestation prouvant qu'ils ont rempli leurs obligations en matière de biocarburants. Il reste à voir si cette obligation de faire rapport amènera les distributeurs de carburant à privilégier les producteurs de biocarburants dont les rapports sont complets, et rédigés en anglais, et dont une inspection permet de vérifier facilement les affirmations. L'administration gestionnaire du règlement compte en outre, comme le Ministère britannique des Transports le déclare dans sa page Internet de "Questions les plus fréquemment posées"^{15 16}, que ces rapports permettront une fois publiés de "classer" les distributeurs et les producteurs de biocarburants et de les encourager à améliorer leurs performances.

A plus long terme, le système pourrait se muer en un régime qui lierait la délivrance des attestations prouvant la conformité aux obligations de vente de biocarburants aux quantités, calculées par une méthode normalisée, de gaz à effet de serre non émises. Une étude de faisabilité commanditée par le Gouvernement britannique (Bauen *et al.*, 2005) se prononce déjà en faveur de ce genre de régime.

Le 18 janvier 2007, le Gouverneur de Californie a, par voie de décret, imposé la réduction de la teneur en carbone des carburants de transport vendus en Californie d'au moins 10 pour cent d'ici 2020. Deux semaines plus tard, la Commission Européenne a annoncé l'application aux carburants automobiles d'une nouvelle norme antipollution quasi identique à la californienne. Les deux systèmes veulent s'appuyer sur une méthode agréée de mesure du carbone rejeté par les carburants alternatifs pendant tout leur cycle de vie ainsi que sur une méthode de certification des émissions de carbone produites par les carburants, dont les biocarburants, pendant leur cycle de vie. La Commission envisage toutefois aussi de n'autoriser à prendre en compte que les seuls biocarburants dont les matières de base sont cultivées dans le respect de certaines normes minimales de durabilité dans

l'évaluation du degré de respect des objectifs fixés par l'Union Européenne en matière de carburants renouvelables. L'Union Européenne et la Californie collaborent afin d'assurer la convergence de leurs normes et règles et d'harmoniser leurs marchés au bénéfice des producteurs et distributeurs de carburant.

4.2.4. Impact éventuel sur les échanges

Il est trop tôt pour dire si les systèmes existants ou envisagés de certification de la durabilité vont stimuler ou entraver les échanges. Il est aujourd'hui admis que l'impact de normes privées sur les échanges est fonction entre autres de l'étendue du segment du marché qu'elles couvrent, de leur mode de mise en œuvre et de leur complexité. Aucune norme indicative privée ne semble pour le moment influencer sur la nature ou le volume des échanges, mais les choses n'en sont encore qu'à leurs débuts.

Le respect de normes de durabilité imposées par les pouvoirs publics pose souvent beaucoup moins de problèmes aux exportateurs que la prolifération de normes différentes ou le coût de l'accréditation d'organes de certification locaux, qui postule une inspection par des experts étrangers et peut donc majorer de beaucoup le coût de production de produits destinés à l'étranger (OCDE, 2005). Le fait que les États et les organisations non gouvernementales ont rapidement pris conscience de ces problèmes potentiels donne heureusement à penser qu'il est possible d'éviter certains des obstacles dressés par la fixation de normes organiques de portée nationale (voir OCDE, 2005) dans le cas des biocarburants. Il est encourageant de constater que l'Union Européenne s'est déclarée prête à appliquer son système proposé de certification sans opérer de distinction discriminatoire entre les biocarburants produits sur son territoire et les biocarburants importés (Commission Européenne, 2005).

4.3. Évolution future de la politique commerciale

Jusqu'en 2003 environ, ceux qui mariaient "éthanol" et "politique commerciale" dans leur discours étaient très vraisemblablement aussi ceux qui plaidaient pour le maintien d'un régime de droits de douane protégeant les producteurs nationaux. Aujourd'hui, on n'entend plus parler que de "biocarburants" et de "négociations commerciales", mais ceux qui associent les deux notions poursuivent des objectifs très différents et défendent donc des idées qui le sont tout autant.

Les biocarburants liquides se sont ainsi retrouvés mêlés aux négociations sur la libéralisation du commerce des biens et des services environnementaux (paragraphe 31, iii du programme de Doha pour le développement). Ces négociations se déroulent principalement au sein du Comité du commerce et de l'environnement de l'OMC réuni en Session extraordinaire qui a été chargé d'identifier les biens (positions tarifaires) qui devront être qualifiés d'"environnementaux", quand le Groupe de négociation sur l'accès aux marchés pour les produits non agricoles débattrait des modalités de mise en œuvre du mandat. Les négociations menées au sein du Comité du commerce et de l'environnement réuni en Session extraordinaire ont été bloquées, parce que les pays membres de l'OCDE et un grand nombre de pays en développement (pas tous) n'ont pu se mettre d'accord sur la question de savoir si une libéralisation normale du commerce des biens environnementaux sert mieux l'intérêt général qu'une libéralisation projet par projet. Ce blocage n'a toutefois pas empêché certains membres de l'OMC restés neutres dans ce débat de déclarer que s'ils devaient se prononcer en faveur de la libéralisation de certains produits, ils accorderaient la priorité à l'éthanol et aux technologies connexes.

Beaucoup de membres de l'OMC, dont virtuellement tous les pays de l'OCDE, ont souligné que l'éthanol est couvert par l'accord sur l'agriculture et qu'il ne peut donc être considéré comme un bien environnemental. Le biodiesel ne pâtit en revanche pas de ce problème de classification et plusieurs

pays membres de l'OCDE (dont le Canada et la Nouvelle-Zélande) ont proposé à un moment de l'intégrer dans un projet de liste OMC de biens environnementaux. Cette proposition prêtait à controverse, étant donné que les droits *ad valorem* prélevés sur le biodiesel, classé parmi les produits chimiques plutôt qu'agricoles, sont déjà réduits à 6.5 pour cent ou même moins dans les pays de l'OCDE.

Une question, en l'occurrence l'agriculture, a malheureusement grippé en juillet 2006 les négociations sur les biens et les services environnementaux ainsi d'ailleurs que toutes les autres négociations commerciales multilatérales menées à Doha.

Heureusement, les biocarburants viennent à la rescousse. Il semble en effet que la production de biocarburants devrait permettre aux pays en développement, en absorbant leur production excédentaire, soit de vendre une plus grande partie de leur production aux pays industrialisés du Nord, soit de transformer une plus grande partie de leur production, de sucre et de sorgho par exemple, en biocarburants destinés à leur propre usage ou à l'exportation.

L'idée que les biocarburants sont la clé qui déblocuera les négociations de Doha a déjà quelques ardens défenseurs. La Fondation pour les Nations Unies, cette fondation que Ted Turner, le magnat américain des médias, a dotée d'un milliard \$ US, est aux avant-postes dans ce domaine. Au cours du Forum public de l'OMC qui s'est tenu en septembre 2006, M. Turner a chanté les louanges des biocarburants et affirmé qu'ils inauguraient un monde nouveau où les matières premières bon marché appartiendront au passé et où les aides aux exportations agricoles, sinon les exportations mêmes de produits agricoles de base, auront disparu. L'image des réalités qu'il envisage reste assez sommaire, mais il semble bien que les aides seront réorientées des cultures vers la production de biocarburants. M. Turner soutenait ainsi dans son discours que : "Les pays développés devraient convenir du retrait progressif des tarifs et de la réduction de leurs subventions aux cultures vivrières et aux plantes textiles pour les remplacer par un soutien aux biocombustibles" (Turner, 2006).

Un autre groupe appelé Biopact (www.biopact.com) a dans le même temps entrepris d'élaborer un pacte pour l'énergie verte associant l'Europe et l'Afrique. Son "Manifeste des biocarburants", rédigé par John Mathews, professeur de gestion stratégique à l'Université Macquarie de Sydney, appelle entre autres à l'élimination des obstacles aux échanges de biocarburants en affirmant que l'OMC a pour mission particulièrement importante de prendre les mesures voulues pour que le siècle des biocarburants ne soit pas d'entrée de jeu mis à mal par la cupidité et le protectionnisme à courte vue d'un monde développé soucieux d'entraver les échanges mondiaux de biocarburants.

De plus en plus nombreux sont ceux qui pensent que les biocarburants détiennent la clé de la réouverture des négociations commerciales de l'OMC, mais l'issue à laquelle ils aspirent n'est pas la même pour tous : un scénario envisage ainsi la conclusion d'un accord OMC sur l'agriculture qui légitime les aides actuelles et futures à la production intérieure d'éthanol et de biodiesel, tandis qu'un autre envisage la suppression partielle ou totale des barrières aux échanges de biocarburants, notamment les aides qui les faussent.

Les aides aux cultures utilisées comme matières de base pour la production de biocarburants (betteraves sucrières, maïs, froment et oléagineux) et les régimes douaniers particuliers dont elles bénéficient ne sont évidemment pas les seuls sujets de conflit portés devant l'OMC. Il est nécessaire de se mettre d'accord sur le sort à réserver aux aides considérables dont le coton, le riz et les produits de l'élevage (notamment les produits laitiers) continuent à bénéficier. En effet, la hausse des cours des cultures vivrières entraînée par l'affectation d'une partie des cultures à la production de biocarburants rend la vie difficile aux éleveurs. Il ne serait pas étonnant qu'ils se mettent eux aussi à demander des aides compensatoires.

Il continue à se prendre, en l'absence d'un nouvel accord sur l'agriculture, des mesures de politique commerciale qui affectent les biocarburants. Le Congrès américain a ainsi décidé récemment d'appliquer son tarif NPF de 0.54 \$ US par gallon (0.143 \$ US par litre) à l'éthanol carburant importé. Ce tarif, qui devait arriver à expiration à la fin du mois de septembre 2007, restera donc en vigueur jusqu'au 31 décembre 2008 au moins. Cet "au moins" semble au demeurant être un ajout judicieux, puisqu'un projet de loi soumis au Congrès américain au début de janvier 2007 vise à pérenniser ce tarif.

5. IMPLICATIONS POLITIQUES

L'intervention des pouvoirs publics sur le marché des biocarburants (obligation d'utilisation ou d'incorporation, aides et allègements fiscaux liés à la production) a des répercussions multiples, parfois inattendues, dont le monde commence à peine à prendre conscience. Les paragraphes qui suivent donnent un bref aperçu des retombées de la pérennisation des aides sur les marchés agricoles, sur les politiques énergétique et environnementale et sur la politique des transports.

5.1. Impacts sur les marchés agricoles

La justification de l'aide aux biocarburants est étonnamment semblable dans tous les pays : tous veulent susciter une demande nouvelle pour pousser les prix agricoles à la hausse. Les porte-parole des producteurs brésiliens d'éthanol ont certes fait état de l'intérêt soulevé par la recherche de substituts intérieurs du pétrole importé lors du lancement du programme "Pro-alcool" pendant les années 70, mais la faiblesse des cours internationaux du sucre a également joué un rôle important dans ce contexte. Les responsables politiques américains et européens mettent eux aussi l'accent sur les perspectives que les cultures énergétiques offrent à leurs agriculteurs. Éprouvés par des décennies d'encadrement de leur agriculture, ils mettent en avant les "économies" que la hausse des cours du sucre, des plantes riches en amidon et des oléagineux leur permettra de réaliser sur les aides au soutien des prix.

Les politiques menées dans les pays de l'OCDE pour promouvoir les biocarburants visaient jusqu'il y a peu à élargir les débouchés de leurs produits agricoles pour résorber à la marge les excédents sans faire augmenter nettement les prix à la consommation. Les cours de tous les produits agricoles utilisés comme matière de base pour la production de biocarburants ont toutefois progressé de façon spectaculaire depuis 2005 (Tableaux 1 et 2).

Aux États-Unis, la hausse des prix du maïs et du soya s'est traduite en 2006 et se traduira probablement en 2007 par une diminution de certaines aides publiques (Annexe : Tableau 1). Les économies réalisables sur les principaux programmes de soutien des prix des produits agricoles, à savoir les paiements anticycliques et la réduction des prêts à la consommation (paiements en couverture des défauts de remboursement des prêts, gains sur les prêts à la consommation et gains sur les échanges de certificats), ont pour la plupart déjà été réalisées, tandis que les allègements des droits d'accises frappant l'éthanol et le biodiesel (ces allègements représentent le principal mécanisme de soutien fédéral des biocarburants aux États-Unis) ne devraient que s'amplifier à mesure que la

production augmente. Il s'en suit que les aides à l'agriculture devraient atteindre le même montant en 2007 qu'en 2002 (12.4 milliards \$ US), mais que la *somme* de ces aides et de celles qui sont accordées sous la forme d'une réduction des droits d'accises devrait monter à 16.4 milliards \$ US, soit 2.9 milliards de plus qu'en 2002. La charge que la production intérieure de biocarburants représente pour le Trésor américain (abstraction faite donc des allègements fiscaux accordés aux biocarburants importés) pourrait donc s'élever à 6.8 milliards \$ US par an en 2010. Il convient aussi de noter que l'aide aux biocarburants a notamment eu pour effet de provoquer une hausse de la valeur des actifs agricoles en général, et des terres en particulier, qui est tout profit pour les propriétaires des terres, mais coûte à ceux qui les prennent à bail ou qui les achètent pour en faire des zones protégées.

Les agriculteurs qui produisent les matières de base font évidemment partie des bénéficiaires du boom des biocarburants, à court terme du moins. (L'avenir dira si la bulle risque d'éclater). L'incidence sur les éleveurs est en revanche plus mitigée. L'élevage bovin, à tout le moins les exploitations proches des distilleries d'éthanol de céréales, n'a eu à compter qu'avec une hausse modérée du prix des aliments protéiques grâce à l'augmentation de la production de drêches de distillerie avec solubles, mais les éleveurs de porcs et de volaille ont dû faire face à des augmentations brutales des prix des céréales énergétiques telles que le maïs.

La hausse des prix affecte également les bénéficiaires des entreprises qui achètent du sucre, du froment, du maïs et des oléagineux pour fabriquer des denrées alimentaires ou d'autres produits de consommation. Il a beaucoup été parlé de la "crise de la tortilla" au Mexique où le prix de cet aliment de base des familles pauvres a augmenté de 60 pour cent en décembre 2006 (Navarro, 2007)¹⁶, mais d'autres branches d'activité, notamment les savonneries (qui utilisent des graisses animales) et les brasseries ou fabrique de pâtes, ont aussi souffert de cette hausse des prix.

5.2. Politique énergétique

L'idée que la production nationale de biocarburants permet de réduire la dépendance d'un pays vis-à-vis de sources d'énergie extérieures, notamment le pétrole du Moyen-Orient, a aussi ajouté à la popularité politique des biocarburants. Cette conviction, réelle au moment où le Brésil et les États-Unis élaboraient leur premier programme de soutien des biocarburants, a perdu de sa force pendant les années 80 et 90, mais reprend vigueur depuis peu.

La sécurité de l'approvisionnement est sans doute l'objectif premier de toute politique énergétique, un objectif qui s'exprime souvent en termes de minimisation du risque d'interruption de l'approvisionnement (en pétrole ou en gaz d'importation ou encore en électricité), mais le mieux en termes économiques. A la base, les pouvoirs publics veulent, toutes autres choses étant égales par ailleurs, comprimer le prix de l'énergie, minimiser sa volatilité et réduire son impact sur l'environnement.

La plupart des pays de l'OCDE ont créé au sein de leur Ministère de l'Énergie, une cellule chargée de promouvoir les énergies renouvelables. Depuis la crise pétrolière de 1973-1974, l'énergie renouvelable est très largement considérée comme une "bonne chose" qui est produite à la maison, est souvent de haute technologie et ne dépend pas de ressources finies. Les biocarburants ont gagné l'étiquette convoitée d'énergie renouvelable dès le moment où on a recommencé à en produire pendant les années 70 et l'étiquette leur est restée, alors que bon nombre de leurs intrants, dont les sols, les produits chimiques utilisés dans l'agriculture et les combustibles fossiles, sont indubitablement non renouvelables. L'étiquette a mis le secteur à l'abri des critiques, car qui peut être contre les énergies renouvelables ?

Les aides publiques aux biocarburants sont souvent présentées comme un moyen de sevrer un pays de sa dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles en général, et du pétrole en particulier. La contribution des biocarburants à ce sevrage dépend de la quantité de pétrole (ou de combustible fossile) utilisée pour fabriquer le biocarburant et le fournir au consommateur final.

La production d'éthanol consomme beaucoup de combustibles fossiles, notamment du gaz naturel, sauf dans les pays où il est extrait de la canne à sucre. Le gaz naturel commence malheureusement à soulever autant de problèmes de sécurité d'approvisionnement que le pétrole. Les distilleries d'éthanol peuvent aussi, comme cela devient courant en Chine et dans une moindre mesure aux États-Unis, utiliser du charbon, au grand dam du profil environnemental de l'éthanol.

L'estimation du degré de substitution des biocarburants à l'énergie pétrolière (et fossile) varie considérablement d'un chercheur à l'autre, même s'ils travaillent avec une liste normalisée d'éléments à prendre en compte. Dans l'étude américaine, Koplow (2006) élude le problème en reprenant simplement les maxima et minima d'un éventail d'analyses du cycle de vie. Il constate que l'éthanol et le biodiesel sont d'assez bons, mais coûteux, substitués du pétrole. Le remplacement d'un GJ de carburants pétroliers liquides par de l'éthanol coûte environ entre 12 et 18 USD (11 €) en subventions, soit 0.32 € par litre de pétrole remplacé, qui s'ajoutent au prix payé à la pompe par le consommateur. Des résultats sensiblement analogues ont été présentés dans Steenblik (2007) pour d'autres pays de l'OCDE.

Le degré de substitution du biodiesel et de l'éthanol extrait de l'amidon est nettement plus faible que celui de l'éthanol cellulosique. Même les plus ardents défenseurs des biocarburants concèdent que l'extraction d'éthanol de l'amidon consomme beaucoup d'énergie et que le rendement net est faible. Ceci n'a rien d'étonnant pour une approche du côté de l'offre. A titre de comparaison, un litre d'essence ou de gazole non consommé par la personne qui se déplace à pied ou à bicyclette, pratique le covoiturage ou règle le moteur de son véhicule plus souvent est un litre économisé à un coût nettement moindre pour l'économie.

Comme la plus grosse partie des biocarburants liquides est mélangée à de l'essence ou du gazole, les biocarburants resteront quelque temps encore des compléments plutôt que des concurrents sérieux des carburants pétroliers utilisés dans les transports. Cette complémentarité est mise en lumière par certaines des conséquences fortuites des mesures (réglementaires ou fiscales) prises pour stimuler la production et l'achat de véhicules automobiles capables de consommer aussi bien de l'essence pure qu'un mélange éthanol/essence allant jusqu'au E85 (mélange contenant en volume 85 pour cent d'essence et 15 pour cent d'éthanol) ou de l'éthanol pur. Le Brésil a commencé par soutenir la vente de voitures conçues pour rouler à l'éthanol hydrique pur qui n'étaient pas des véhicules multicarburants, puisqu'elles ne pouvaient pas consommer de l'essence. Cette politique a donné d'excellents résultats si l'on en juge d'après les parts de marché de l'époque, mais a connu une fin dramatique pendant les années 80, quand la hausse des cours du sucre conjuguée à la baisse des cours du pétrole a débouché sur une pénurie d'éthanol hydrique et sur l'allongement interminable des files dans les stations service. Le marché des véhicules roulant à l'alcool s'est éteint pour ainsi dire en une nuit. Les constructeurs automobiles se sont mis depuis peu à construire de véritables véhicules multicarburants et la majorité des voitures neuves d'aujourd'hui sont des véhicules de ce type. Le carburant qu'elles consomment dépend toutefois du prix relatif de l'essence et de l'éthanol.

Les États-Unis ont choisi la voie réglementaire pour promouvoir les véhicules multicarburants. Au lieu de les subventionner directement, le Congrès américain a autorisé les constructeurs de ces véhicules (ainsi que d'autres catégories agréées de véhicules consommant des carburants alternatifs) à leur accorder une place privilégiée dans le calcul de leur consommation moyenne de carburant par constructeur. Ce régime de faveur accordé au "double carburant" a ceci d'hypocrite qu'il s'appuie

uniquement sur la possibilité d'utiliser de l'E85 et non pas sur son utilisation effective. Sa mise en place reposait sur l'hypothèse que l'augmentation du nombre de véhicules multicarburants en circulation entraînerait dans son sillage une multiplication des points de vente d'E85, mais cette hypothèse ne s'est pas traduite dans les faits.

Il s'en suit que la majorité des propriétaires de véhicules multicarburants roule exclusivement à l'essence et que bon nombre ne savent même pas qu'ils peuvent consommer de l'E85. Étant donné en outre que les privilèges dont les véhicules multicarburants américains bénéficient sont maximaux pour leurs modèles les moins efficaces, les constructeurs automobiles se sont concentrés sur le segment le plus large et le plus cher du marché, celui en l'occurrence des "4 x 4" et des "camionnettes". En 2005, dernière année pour laquelle il existe des statistiques, 25 pour cent seulement des véhicules multicarburants vendus aux États-Unis étaient des berlines ou des fourgonnettes et le reste des "4 x 4", des camionnettes ou des utilitaires de taille moyenne. Cette possibilité d'éviter les normes de consommation les plus strictes a pour conséquence qu'en 2005, les États-Unis ont importé 80 000 barils de pétrole par jour de plus qu'ils n'auraient dû le faire en l'absence du régime de faveur accordé au double carburant (McKenzie *et al.*, 2005).

5.3. Politique environnementale

Le soutien des biocarburants liquides trouve une autre raison d'être dans les émissions qu'ils produisent quand ils sont utilisés comme carburants automobiles. Ils émettent notamment moins de particules et d'oxydes de soufre que l'essence et le gazole de moindre qualité. L'éthanol relève en outre l'indice d'octane de l'essence et est généralement tenu pour être moins nocif pour la santé que d'autres additifs pro-octane tels que le plomb ou l'oxyde de méthyle et de tert-butyle. Ces propriétés ont largement contribué à faire accepter les biocarburants dans les villes des États-Unis et, dans une certaine mesure, du Brésil et d'Europe.

En Europe, les biocarburants sont soutenus parce qu'ils peuvent, en se substituant aux carburants fossiles (et compte tenu de leur processus de production), réduire les émissions globales de dioxyde de carbone (CO₂), un gaz atmosphérique qui retient les rayons infrarouges émis par la terre dont il retient ainsi la chaleur. Étant donné que l'oxydation du carbone contenu dans les biocarburants est contrebalancée par l'absorption de CO₂ par les végétaux dont ils sont extraits, les phases de combustion photosynthétique du cycle de vie des biocarburants ne produisent pas d'émission nette de carbone.

En revanche, les phases intermédiaires du cycle (semis, épandage d'engrais, récolte, transport et transformation des matières végétales de base en biocarburants et sous-produits divers) peuvent requérir de grandes quantités d'énergie. En outre, la culture des végétaux de base risque d'envoyer davantage de CO₂ dans l'atmosphère, si elle amène à exposer le carbone présent dans le sol à l'air ou à brûler des forêts. La question de savoir si les quantités de CO₂ émises pendant les différentes phases de la production des biocarburants excèdent celles qui sont absorbées par les végétaux cultivés (et comment ces émissions se mesurent) faisait déjà pendant les années 80 et fait encore aujourd'hui l'objet d'âpres débats. Il est cependant communément admis que le bilan des émissions peut varier considérablement selon le type de végétaux, leur mode de culture et leur technologie de transformation en biocarburants.

S'il est tenu compte de la phase intermédiaire, il peut s'avérer beaucoup plus coûteux de réduire les émissions d'une tonne d'équivalent CO₂ en usant d'aides qu'en usant d'autres moyens. Dans la plupart des pays de l'OCDE, les subventions existantes coûtent plus de 200 USD pour compenser une tonne de CO₂ (Tableau 7) (si la source de chaleur est le charbon, le gain en émissions est même inférieur).

Tableau 7. Ordres de grandeur des subventions à l'éthanol et au biodiesel par tonne d'équivalent CO₂ évité en 2006 au sein d'une sélection de pays de l'OCDE (USD par équivalent tonne de CO₂, arrondis aux 50 USD les plus proches)

OECD economy	Éthanol	Biodiesel
États-Unis ¹	300 – (600)	250 – (850)
Union Européenne ²	700 – 5000	250 – 1050
Australie ³	400 – 800	50 – 300
Canada ⁴	250 – 1900	250 – 450
Suisse ⁵	300 – 400	250 – 2000

1. Les nombres entre parenthèses indiquent une valeur négative, c'est-à-dire que les émissions nettes sont subventionnées. Certaines estimations suggèrent que les émissions de gaz à effet de serre sont en fait accrues dans le cycle de vie sous certaines hypothèses en matière d'énergie mise en intrant.
2. L'éventail pour l'éthanol reflète les différences entre l'éthanol importé produit à partir de canne à sucre ou celui produit à partir de blé en utilisant de la lignite. Pour le biodiesel entre le méthyl ester produit à partir d'huiles usagées ou de colza.
3. L'éventail traduit les différences, pour l'éthanol, entre l'estimation haute de celui produit à partir de molasses ou de résidus de blé, et, pour le biodiesel, entre le méthyl ester produit à partir d'huiles usagées ou de colza.
4. Estimations provisoires. L'éventail traduit les différences, pour l'éthanol, entre celui produit à partir de blé ou de maïs et, pour le biodiesel, entre le méthyl ester produit à partir d'huiles usagées ou de colza.
5. L'éventail pour l'éthanol reflète les incertitudes pour l'éthanol produit en tant que dérivé de la production de cellulose et, pour le biodiesel, entre le méthyl ester provenant d'huiles usagées et celui provenant du colza produit dans le pays d'origine des oléagineux.

Source : Mise à jour par Steenblik (2007), à partir de GSI.

Il n'empêche que même si l'éthanol de maïs atteint son taux maximum de réduction des émissions de gaz à effet de serre, il aurait été possible de les réduire bien davantage pour le même prix en achetant la réduction sur le marché, en l'occurrence un maximum de 35 euros à la Bourse européenne du climat en 2006 ou pas plus de 5 USD à la tonne à la Bourse du climat de Chicago. Subventionner l'éthanol produit à partir de sources cellulosiques de la biomasse améliorerait le bilan, mais le coût à la

tonne de CO₂ demeurerait plus élevé que bien d'autres investissements. Koplow (2007) a calculé que les subventions actuelles à l'éthanol coûteraient encore plus de 100 USD à la tonne de CO₂ évitée même si l'éthanol avait le profil d'émissions de l'éthanol cellulosique.

Une politique environnementale ne s'arrête pas aux émissions de polluants atmosphériques ou de gaz à effet de serre. L'extension des cultures de végétaux destinés à être transformés en biocarburants peut avoir des effets néfastes sur le sol et l'eau. L'augmentation rapide de la demande dont ces végétaux, notamment le maïs et le soya, font l'objet modifie déjà la rotation des cultures dans le Midwest américain où le maïs apparaît plus souvent dans les assolements, supprime le froment et fait labourer des prairies. Le maïs requiert en outre beaucoup d'eau et la culture du maïs destiné à la fabrication d'éthanol s'étend vers l'Ouest, c'est-à-dire vers des régions où elle dépend davantage de ressources hydriques fossiles telles que l'aquifère d'Ogallala que le maïs cultivé dans le Midwest central. Les distilleries d'éthanol ont également besoin de grandes quantités d'eau et les médias font de plus en plus régulièrement état des préoccupations que leur incidence sur l'approvisionnement en eau soulève à l'échelon local.

Les partisans de l'éthanol cellulosique avancent qu'une diversification des matières de base indigènes permettrait de résoudre bon nombre de ces problèmes. Il n'empêche que beaucoup de problèmes comparables de diversification des cultures, de réaffectation des terres et d'augmentation inéluctable de la consommation d'eau et d'engrais vont se poser dès que les superficies plantées en espèces cellulosiques seront suffisamment étendues pour assurer le remplacement de quantités significatives d'essence par de l'éthanol.

5.4. Politique des transports et fiscalité connexe

Quoique bon nombre des arguments avancés à l'appui des biocarburants liquides touchent au cœur même des systèmes de transport des pays industrialisés, c'est-à-dire les véhicules mus par un moteur à combustion interne, les Ministères des Transports ont en règle générale subi plutôt qu'animé la politique menée dans le domaine des biocarburants. Les planificateurs des transports et les économistes sont sceptiques à l'égard des biocarburants et répètent souvent qu'ils sont un moyen coûteux d'atteindre des objectifs de politique générale. Tous sont simplement contraints d'endurer des politiques de soutien des biocarburants imposées par leurs parlements nationaux.

L'interaction la plus nette avec la politique des transports se situe sans doute au niveau des multiples dérogations au régime des droits d'accises sur les carburants. Dans beaucoup de pays, le produit de ces droits échoit directement au Trésor et n'est donc pas à proprement parler un instrument de la politique des transports. Au Canada, en Suisse et aux États-Unis par contre, le produit des droits d'accises prélevés sur les carburants est versé à un fonds spécial qui finance les investissements en infrastructures de transport.

Les États-Unis sont un des premiers pays de l'OCDE à avoir réduit, en 1979, les droits d'accises prélevés sur les mélanges éthanol/essence de 0.04 \$ par gallon de "gasohol" (E10), soit 0.40 \$ par gallon d'éthanol pur. Cette décision a eu pour effet, inattendu, de réduire les sommes versées par le Fonds des routes à tous les États fédérés, y compris ceux qui ne vendaient pas de "gasohol". Rask (2004) estime qu'entre 1981 et 1996, les États fédérés américains ont perdu de 3.2 à 7.6 milliards \$US en fonds routiers (par rapport à ce qu'ils auraient reçu si les taxes fédérales sur le "gasohol" n'avaient pas été réduites) et que les plus gros perdants avaient été la Floride, l'État de New York et la Pennsylvanie qui n'avaient vendu que très peu de carburants contenant de l'éthanol pendant cette

période¹⁷. L'étiollement du Fonds des routes a été stoppé par une loi de 2004 sur la création d'emplois qui a supprimé l'allégement fiscal dont bénéficiait l'E10 pour le remplacer par une déduction de 0.51 \$ par gallon (0.11 € par litre) de l'assiette de l'impôt sur le revenu des sociétés. Un tiers au moins des États fédérés américains continuent cependant à taxer moins lourdement l'E10, l'E85 et le biodiesel.

La Suisse a opté pour une politique légèrement différente. Une loi votée par son Parlement en octobre 2006 va exonérer tous les biocarburants liquides, et pas uniquement ceux qui sont produits dans des usines pilotes de démonstration agréées, d'une partie des droits d'accises, mais le Gouvernement va compenser l'effet de cette mesure sur le produit des taxes prélevées sur les carburants par un relèvement des taxes frappant les carburants pétroliers liquides utilisés dans les transports.

Beaucoup de mesures parfois inventives (autres que celles qui sont évoquées dans la section précédente traitant de l'énergie) ont été prises au niveau local pour promouvoir les véhicules multicarburants. En Suède, par exemple, les voitures de société roulant à l'éthanol donnent à leurs utilisateurs le droit de réduire de 80 pour cent l'avantage (imposable) qu'ils devraient déclarer s'ils conduisaient un véhicule classique équivalent, tandis que les "voitures propres" (dont les véhicules multicarburants font partie) peuvent stationner gratuitement dans plusieurs villes et sont exemptées du péage de congestion qui vient d'être instauré à Stockholm.

Le péage de congestion instauré à Londres, dans le but de réduire la circulation dans le centre-ville ainsi que toutes les externalités (pertes de temps, pollution de l'air et bruit) dont elle s'accompagne, est maintenant critiqué par les constructeurs automobiles pour ne pas être réduit ou supprimé pour les véhicules multicarburants.

Il est raisonnable de se demander, si les péages de congestion et autres mesures semblables visent en essence à réduire la circulation, pourquoi un véhicule qui viendrait la densifier devrait échapper à leur application. Même l'argument de la réduction de la pollution invoqué à l'appui de l'exonération des véhicules multicarburants est difficile à faire valoir, étant donné qu'il est matériellement impossible de vérifier à tout moment si un véhicule multicarburants roule à l'E85, à l'essence pure ou à un mélange éthanol/essence.

De l'autre côté de l'Atlantique, beaucoup de municipalité américaines ont exempté les véhicules multicarburants de toute une série de règlements et redevances. Certaines les autorisent, par exemple, à emprunter les voies réservées aux véhicules occupés par au moins deux personnes, même s'ils ne sont occupés que par leur seul conducteur, tandis que d'autres les autorisent à stationner gratuitement. Plusieurs États leur accordent aussi certains privilèges, celui par exemple d'échapper au contrôle des émissions.

Dans le même temps, l'augmentation des transports de biocarburants et de leurs matières de base est en train de modifier rapidement la structure des transports de marchandises dans plusieurs pays. Au Brésil, l'augmentation de la demande étrangère d'éthanol brésilien incite à investir dans la construction de conduites et de terminaux pour le transport d'éthanol à longue distance.

Beaucoup d'États fédérés des États-Unis et de municipalités cofinancent la modernisation d'embranchements desservant des unités de production de biocarburants, notamment d'éthanol, ou la construction de nouveaux embranchements. Il est évident que plus il sera investi dans des infrastructures destinées au transport d'éthanol du cœur de l'Amérique vers les mégapoles côtières (où la plus grosse partie des carburants de transport est consommée), plus il sera politiquement difficile de supprimer les droits d'entrée qui font obstacle à l'acheminement direct par mer d'éthanol étranger meilleur marché vers ces mêmes destinations.

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les conditions actuelles d'octroi d'aides à la production (sur la base du nombre de litres) sont hautement arbitraires et méritent d'être réexaminées. Le chevauchement de certains programmes peut aussi être très coûteux sans grand bénéfice pour les infrastructures énergétiques. Beaucoup de pays subventionnent la production de biocarburants alors même que des obligations de mélange en prédéterminent la consommation. Le niveau élevé des droits d'entrée prélevés par l'Australie, les États-Unis et l'Union Européenne sur l'éthanol qu'ils importent se concilie mal avec leur politique déclarée de substitution de l'éthanol à l'essence.

La valeur du rapport coût/efficience à long terme d'une politique publique qui vise à réduire l'utilisation d'un bien, ou les externalités que cette utilisation génère, se mesure notamment à l'aune du caractère prescriptif des options offertes. Si l'objectif idéal recherché, par exemple une source bon marché, propre et souple d'énergie automobile, requiert des avancées technologiques imprévisibles, une politique prudente est de garder le plus grand nombre possible d'options ouvertes.

Les politiques de soutien des biocarburants actuellement menées dans les pays de l'OCDE sont loin d'être neutres sur le plan technologique. La plupart ne sont pas liées à un processus spécifique de production d'éthanol ou de biodiesel, mais sont spécifiques aux biocarburants, ou même à un biocarburant particulier, du côté notamment de la consommation. L'obligation d'utilisation de biocarburants comme carburants de transport n'en est pas encore à un niveau qui risque de sonner le glas d'autres options (par exemple les voitures hybrides pouvant rouler au biocarburant), mais elle donne clairement à entendre que les pouvoirs publics s'engagent en faveur de la mobilité individuelle assurée par des véhicules mus par des moteurs à combustion interne.

La multiplicité des aides à la production incite également à investir dans des raffineries qui pourraient devoir être soutenues pendant de nombreuses années, sinon décennies, pour rester viables. Bon nombre de ces aides sont justifiées par le soutien qu'elles apporteraient à la mise en place d'un marché des biocarburants et à la préparation du terrain pour les biocarburants de la seconde génération.

Cet argumentaire n'a pas été examiné avec beaucoup d'attention. Dans les pays de l'OCDE, les marchés potentiels de l'éthanol et du biodiesel sont suffisamment larges, sans modification même du parc automobile existant. Les véhicules à essence peuvent, sans modification aucune, absorber en volume 10 pour cent d'éthanol. Ce niveau a été dépassé au Brésil, mais ne sera sans doute pas atteint avant la prochaine décennie dans la plupart des autres pays, sauf peut-être dans le Midwest des États-Unis où les aides à l'éthanol sont les plus importantes.

L'éthanol cellulosique devrait, s'il devenait viable, passer par une phase de rodage au cours de laquelle les infrastructures se hisseraient sans aides publiques à un niveau qui leur permettrait de satisfaire 10 pour cent au moins de la consommation intérieure. S'il était hautement compétitif, les constructeurs automobiles appliqueraient de leur propre initiative des technologies multicarburants.

Les biocarburants ne sont qu'une des nombreuses technologies qui peuvent apporter une réponse aux problèmes posés par les émissions de gaz à effet de serre, la sécurité des approvisionnements et le remplacement des carburants pétroliers. L'éthanol cellulosique pourrait, bien qu'il puisse résoudre ces problèmes mieux que l'éthanol d'amidon, quand même rater son entrée sur le marché, s'il devait affronter la concurrence d'autres carburants et compter avec des politiques axées sur la demande. Une politique d'étouffement de cette concurrence par l'octroi d'aides à tout va n'est pas celle qui sert le mieux l'intérêt général.

Il est hautement nécessaire d'approfondir l'analyse des effets des politiques de soutien et de protection de la production intérieure de biocarburants. Cette analyse ne peut toutefois donner de bons résultats que si elle s'appuie sur des données concrètes, des données qu'il ne sera possible de rassembler que si les pouvoirs publics diffusent des informations beaucoup plus transparentes qu'aujourd'hui sur les aides aux biocarburants (ainsi d'ailleurs qu'à toutes les formes d'énergie).

NOTES

1. Une de ces entreprises, à savoir la D1 Oils PLC britannique, s'est associée à des autorités publiques de pays riverains de l'Océan Indien et des Philippines pour créer des plantations de *jatropha curcas* et construire des petites unités de production de biodiesel.
2. Site Internet du projet Etha+: www.etha-plus.ch/page-e.asp?page=10001language=e
3. Abrégé d'informations tirées de "*How ethanol is made*" publié par la *Renewable Fuels Association* www.ethanolrfa.org/resource/made
4. En accord avec le Groupe d'économie de l'énergie de l'Université technique de Vienne.
5. Les rapports publiés par Dedini ne détaillent toutefois pas ces estimations. Ils ne précisent en particulier pas s'ils imputent un coût positif à la bagasse que beaucoup de sucreries/distilleries intégrées brûlent actuellement pour produire de la vapeur et de l'électricité.
6. La Province du Québec offrait déjà pour l'éthanol, avant que cette décision soit prise, un allègement fiscal progressif assis sur le prix du marché du pétrole brut intermédiaire de l'Ouest du Texas.
7. Les écarts pourraient avoir rétréci à la suite de la hausse récente des cours mondiaux des céréales et du sucre.
8. La production de bioéthanol carburant n'a démarré qu'il y a peu en Suisse en grande partie parce que son sucre et ses céréales riches en amidon sont chers, mais aussi parce qu'une loi anti-alcool restée en vigueur jusqu'en 1996 excluait en fait toute transformation de céréales en alcool éthylique en Suisse.
9. Walter *et al.* (2006) observent que 45 pour cent de l'éthanol importé par l'Union Européenne en 2005 y est entré sous le couvert du régime NPF normal, que 29 autres pour cent ont bénéficié d'une réduction des droits d'entrée et que les 26 pour cent restant sont entrés en franchise.
10. La Suède semblait considérer que le degré de dénaturation était supérieur à celui qui serait normal pour de l'éthanol dénaturé (Howse *et al.*, 2006).
11. <http://www.biofueltesting.com/specifications.html>
12. www.panda.org/about-wwf/what-we-do/forests/news/events-/index.cfm?uNewsID=17676
13. <http://cgse.epfl.ch/page65660-en.html>

14. Il paraît très probable que ces propositions seront prises en considération, étant donné que la présidente du groupe de travail, le Professeur Dr. Jacqueline Cramer, est devenue depuis peu Ministre du Logement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et s'est donc soumis ce rapport à elle-même.
15. <http://www.dft.gov.uk/pgt/roads/environment/rtfo/faq>
16. Les autorités mexicaines soupçonnent le principal producteur de tortillas du pays de comportement anticoncurrentiel, mais nombreux sont ceux qui pointent aussi du doigt l'augmentation de la demande de maïs destiné à la production d'éthanol.
17. Ces chiffres ne prennent pas en compte les pertes de recettes dues à la réduction des droits d'accises prélevés sur les carburants automobiles par les États fédérés eux-mêmes.
18. Traduction anglaise d'un texte en langue néerlandaise (Creative Energie, 2007) publiée le 8 mai 2007, par Rembrandt, sur le blog The Oil Drum: Europe (<http://europe.theoil Drum.com/node/2521>) sous le titre de "*How a market for sustainable bio-energy is being developed*".

ANNEXE 1

CONDITIONS DE DURABILITÉ DE LA BIOMASSE ÉLABORÉES PAR LE GROUPE NÉERLANDAIS POUR LA BIOMASSE DURABLE¹⁸

1. Le bilan des émissions de gaz à effet de serre produites en cours de production et d'utilisation de la biomasse doit être positif.

Condition 1.1 : les émissions de gaz à effet de serre causées par la production d'énergie et de biocarburants doivent être réduites de respectivement 50 à 70 pour cent et 30 pour cent au moins (voir Creative Energie, 2006). La Commission estime en outre plus qu'indiqué de tendre vers une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 80 à 90 pour cent en 10 ans par rapport à celles que produisent actuellement les combustibles fossiles.

2. La production de la biomasse ne doit pas se faire au détriment des importants réservoirs de carbone constitués par le sol et les plantes.

Condition 2.1 : les nouvelles unités de production de biomasse ne seront pas implantées dans des zones où la perte de capacités de stockage du carbone en surface ne peut être compensée dans les 10 années suivant le lancement de la productions de la biomasse.

Condition 2.2 : les nouvelles unités de production de biomasse ne seront pas implantées dans des zones qui, telles certaines prairies, tourbières, mangroves ou zones humides, présentent un risque élevé de perte significative de carbone stocké dans le sol.

3. La production de biomasse à des fins énergétiques ne doit pas porter préjudice à l'accès aux denrées alimentaires et aux utilisations locales de la biomasse (énergie, remèdes, matériaux de construction).

Condition 3.1 : les pouvoirs publics peuvent demander qu'il leur soit fait rapport sur les modifications actuelles et prévisibles de l'affectation des sols dans la région.

Condition 3.2 : les pouvoirs publics peuvent demander qu'il leur soit fait rapport sur l'évolution actuelle et prévisible du prix des terrains et des denrées alimentaires dans la région.

4. La production de la biomasse ne doit pas porter préjudice à une biodiversité protégée ou vulnérable et doit autant que possible renforcer la biodiversité.

Condition 4.1 : il y a lieu de respecter les règles nationales et locales relatives à la propriété foncière et au droit d'exploitation des sols, à la gestion et à l'exploitation des forêts et des cultures, aux zones protégées, à la chasse et à la gestion de la vie sauvage ainsi que les règles nationales issues de la ratification de la Convention sur la diversité biologique et de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction.

Condition 4.2 : la biomasse ne sera pas produite dans des zones récemment aménagées que les pouvoirs publics ont déclarées être des "zones officiellement protégées" ou dans un rayon de 5 kilomètres autour de telles zones.

Condition 4.3 : la biomasse ne sera pas produite dans des zones récemment aménagées que toutes les parties intéressées ont déclarées être des "zones protégées de haute valeur" ou dans un rayon de 5 kilomètres autour de telles zones.

Condition 4.4 : en cas d'aménagement de nouvelles zones de production de biomasse, 10 pour cent au moins de ces zones doivent être laissés dans leur état d'origine pour prévenir la création de grandes monocultures. Il convient en outre d'indiquer dans quelle zone d'exploitation des sols l'unité de production de biomasse est installée, ce qui est fait pour prévenir la fragmentation, si la notion de corridor écologique est traduite dans les faits et si une certaine attention est accordée à la régénération de sols dégradés.

Condition 4.5 : les bonnes pratiques seront mises en œuvre dans la zone de production de biomasse et ses alentours pour amplifier et renforcer la biodiversité, tenir compte des corridors écologiques et prévenir la fragmentation de la biodiversité autant que faire se peut.

5. La production et la transformation de la biomasse doivent se faire en préservant et en améliorant la qualité du sol.

Condition 5.1 : il y a lieu de respecter les règles et lois nationales et locales relatives à la gestion des déchets, à l'utilisation de produits agrochimiques (engrais et pesticides), à la gestion des ressources minérales, à la prévention de l'érosion des sols, à l'établissement de rapports sur les impacts environnementaux et au contrôle des entreprises. Il convient à tout le moins d'appliquer la Convention de Stockholm (12 pesticides les plus nocifs), même si les lois nationales correspondantes font défaut.

Condition 5.2 : il y a lieu d'élaborer et d'appliquer une stratégie d'exploitation durable des sols, afin de prévenir et combattre l'érosion, de préserver l'équilibre des éléments fertilisants, de retenir des matières organiques dans le sol et de prévenir la salinisation du sol.

Condition 5.3 : l'utilisation des sous-produits agricoles ne doit pas être préjudiciable à l'exercice d'autres fonctions essentielles destinées à préserver la qualité des sols (matières organiques et paillis).

6. La production et la transformation de la biomasse doivent se faire sans épuiser les sols et les eaux de surface et en préservant ou améliorant la qualité de l'eau.

Condition 6.1 : il y a lieu de respecter les règles et lois nationales et locales relatives à l'utilisation de l'eau pour l'irrigation, à l'utilisation de l'eau du sol, à l'utilisation de l'eau à des fins agricoles dans les sections d'écoulement des cours d'eau, à l'épuration de l'eau, à l'établissement de rapports sur les impacts environnementaux et au contrôle des entreprises.

Condition 6.2 : il y a lieu d'élaborer et d'appliquer une stratégie de gestion durable de l'eau axée sur l'utilisation efficiente de l'eau et l'utilisation responsable des produits agrochimiques.

Condition 6.3 : l'eau utilisée pour la transformation de la biomasse ne doit pas provenir de sources non durables.

7. La production et la transformation de la biomasse doivent se faire en préservant ou améliorant la qualité de l'air.

Condition 7.1 : il y a lieu de respecter les règles et lois nationales et locales relatives aux émissions dans l'atmosphère, à la gestion des déchets, à l'établissement de rapports sur les impacts environnementaux et au contrôle des entreprises.

Condition 7.2 : il y a lieu d'élaborer et d'appliquer une stratégie de minimisation des émissions dans l'atmosphère portant sur la production et la transformation ainsi que sur la gestion des déchets.

Condition 7.3 : la construction et la gestion des unités de production de biomasse se feront sans brûlage des terres, sauf dans les cas particuliers décrits dans des directives de l'ASEAN ou d'autres bonnes pratiques régionales.

8. La production de la biomasse doit ajouter au bien-être local.

Condition 8.1 : il y a lieu d'établir un rapport sur la valeur directement ajoutée à l'économie locale, sur la politique menée, les pratiques mises en œuvre et les budgets dégagés à l'égard des producteurs locaux de biomasse, sur les procédures de recrutement du personnel local et sur la proportion de cadres supérieurs locaux. Ce rapport doit se fonder sur les critères de performance économique n° 1, 6 et 7 de la "*Global Reporting Initiative*" (Initiative mondiale sur les rapports).

9. La production de la biomasse doit ajouter au bien-être des travailleurs et de la population locale.

Condition 9.1 : il y a lieu de respecter la déclaration tripartite de principes relative aux multinationales et à la politique sociale élaborée par l'Organisation Internationale du Travail.

Condition 9.2 : il y a lieu de respecter la Déclaration universelle des droits de l'homme.

Condition 9.3 : il ne sera pas utilisé de terres sans l'assentiment d'utilisateurs originels suffisamment informés. L'usage des terres sera décrit en détail et officiellement enregistré. Les droits de propriété, d'exploitation et autres de la population locale seront reconnus et respectés.

Condition 9.4 : il y a lieu d'établir un rapport sur les programmes et les pratiques mis en œuvre pour identifier et gérer l'impact des activités industrielles et commerciales sur la population locale. Ce rapport doit se fonder sur l'indicateur de performance sociale SO₁ de la "*Global Reporting Initiative*".

Condition 9.5 : il y a lieu d'établir un rapport sur le niveau que la formation et l'analyse de risque doivent atteindre pour prévenir la corruption ainsi que sur les mesures qui seront prises pour contrer les cas de corruption. Ce rapport doit se fonder sur les indicateurs de performance sociale SO₂, SO₃ et SO₄ de la "*Global Reporting Initiative*".

Tableau 1. **Aperçu de l'économie agricole américaine**
(milliards de dollars US, sauf indication contraire)

Poste	2002	2003	2004	2005	2006P ^a	2006P ^a
1. Encaissements	195.0	215.5	237.9	238.9	242.7	258.7
Céréales ^b	101.0	109.9	114.3	114	121.6	133.5
Bétail	94.0	105.6	123.6	125	121.2	125.2
2. Versements publics	12.4	16.5	13.0	24.3	16.3	12.4
Primes directes fixes ^c	3.9	6.4	5.2	5.2	5.2	5.3
Versements anticycliques	0.2	2.3	1.1	4.1	4.1	1.6
Prêts à la commercialisation ^d	2.8	1.3	3.5	7.0	2.0	0.8
Protection	2.0	2.2	2.3	2.8	2.9	2.9
<i>Ad hoc</i> et urgence	1.7	3.1	0.6	3.2	0.4	0.7
Autres ^e	1.9	1.2	0.2	2.1	1.7	1.1
3. Recettes agricoles ^f	14.8	15.7	16.9	17.6	18.0	18.7
4. Revenu monétaire brut (1+2+3)	222.2	247.8	267.8	280.9	277.1	289.8
5. Décaissements	171.6	177.8	186.3	199.7	210.4	222.6
6. Revenu monétaire net (4+5)	50.7	70	81.5	81.2	66.7	67.2
7. Recettes brutes totales	233.6	260.9	296.2	299.8	298.4	318
8. Dépenses totales de production	193.4	200.4	210.8	226	237.8	251.3
9. Recettes agricoles nettes (7-8)	40.2	60.4	85.4	73.8	60.6	66.6
Actifs	1 304.0	1 378.8	1 584.8	1 805.3	1 919.4	1 994.3
Dettes	193.3	196.1	204.7	215.6	226.2	235.5
Passif	1 110.7	1 182.7	1 380.1	1 589.6	1 693.2	1 758.8
Ratio dettes/actifs	14.8 %	14.2 %	12.9 %	11.9 %	11.8 %	11.8 %
10. Production d'éthanol (10 ⁹ gallons)	2.1	2.8	3.4	3.9	4.9	7.1
11. Perte fiscale due à la réduction des droits d'accises de 0.50 \$ par gallon d'éthanol	1.1 neg.	1.4 neg.	1.7 neg.	2.0 0.08	2.5 0.25	3.6 0.45
12. Production de biodiesel (10 ⁹ gallons)	nd	nd	nd	0.1	0.2	0.4
13. Perte fiscale due à la réduction des droits d'accises de 1 \$ par gallon)	13.5	17.9	14.7	26.4	19.0	16.4
14. Somme des versements publics et des allègements fiscaux pour les biocarburants						

nd : non disponible ; neg. = négligeable.

- P = prévisions.
- Inclut les prêts de la *Commodity Credit Corporation* (société des crédits sur produits de base).
- Ces primes incluent les primes à la flexibilité de la production versées jusqu'à la fin de 2001 en vertu de la loi sur l'agriculture de 1996 et les primes directes fixes versées à partir de 2002 en vertu de la loi sur l'agriculture de 2002.
- Cette rubrique englobe les paiements en couverture de défaut de remboursement, les bénéfices réalisés sur les prêts à la commercialisation et les gains réalisés sur les échanges de certificats de produits de base.

- e. Rachat du quota arachides, compensation des pertes sur les ventes de lait et autres primes diverses.
- f. Recettes tirées du travail à façon, de la location de machines, d'activités récréatives, de ventes de produits de la sylviculture et d'autres sources agricoles.
- g. Revenu monétaire brut majoré de la valorisation des stocks, de la valeur de la consommation interne et de la valeur locative nominale du logement de l'exploitant.
- h. Décaissements majorés de la dépréciation et des avantages indirects accordés à la main-d'œuvre salariée.

Source : Rubriques 1 à 9 : Randy Schnepf (2007), "*The US Farm Economy*", mise à jour du 21 février 2007, Congressional Research Service, Washington D. C. ; données originales tirées de *Farm Income and Costs: Farm Sector Incomes* et *Cost: Farm Sector Income* du "*Economic Research Service*" (service de recherches économiques) du Ministère américain de l'Agriculture, accessibles sur www.ers.usda.gov/Briefing/FarmIncome ; données relatives aux revenus des agriculteurs américains mises à jour le 14 février 2007 ; Production d'éthanol : Renewable Fuels Association <http://ethanolrfa.org/industry/statistics/#A> et Food and Agricultural Policy Research Institute ; Production biodiesel : National Diesel Board et Food and Agricultural Policy Research Institute www.fapri.org/outlook2007/tables/7USTables.xls

BIBLIOGRAPHIE

- Agence Internationale de l'Énergie (2005), *Biofuels for Transport: An International Perspective*, Publications de l'OCDE pour l'Agence Internationale de l'Énergie, Paris.
- Agence Internationale de l'Énergie (2006), *World Energy Outlook*, Publications de l'OCDE pour l'Agence Internationale de l'Énergie, Paris.
- Babcock B.A., Gassman P.W., Jha M.J. et Kling C.L. (2007), "Adoption subsidies and environmental impacts of alternative energy crops", CARD Briefing Paper 07-BP 50, Center for Agricultural and Rural Development, Université de l'État de l'Iowa, Ames, Iowa.
- Bauen Ausilio, Chase Adam, Howes Jo, Inkinen Aino, Lovell Jessica et Tipper Richard (2005), "Feasibility study on certification for a Renewable Transport Fuel Obligation", Rapport final, E4Tech, Imperial College, Londres.
- Bendz Karin (2005), "Pakistan, EU's second largest ethanol exporter, loses privileged status", Gain Report n° E35187, Ministère américain de l'Agriculture, Foreign Agricultural Service, Washington D.C. www.fas.usda.gov/gainfiles/200509/146131044.pdf
- Biopact Team (2007), "Dedini achieves breakthrough: cellulosic ethanol from bagasse at 27 cents per liter (1 \$/gallon)", Biopact, 16 mai 2007 <http://biopact.com/2007/05/dedini-achieves-breakthrough-cellulosic.html>
- CNUCED Secrétariat (2005), "Méthodes, classifications, quantification et incidences sur le développement des obstacles non tarifaires" (Doc. n° TD/B/Com.1/EM.27/2, 23 juin 2005), document élaboré pour la réunion d'experts sur les obstacles non tarifaires : méthodes, classifications, quantification et incidences sur le développement tenue à Genève du 5 au 7 septembre 2005, Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement, Genève.
- Creative Energie (2006), *The greenhouse gas calculation methodology for biomass-based electricity, heat and fuels*, La Haye.
- Creative Energie (2007), *Toetsingkader voor duurzame biomassa: Eindrapport van de projectgroep "Duurzame productie van biomassa"* [Cadre d'essai pour une biomasse durable: Rapport final du groupe "Production durable de biomasse"], La Haye.
- Dimitri, Carolyn and Anne Effland (2007), "Fueling the automobile: an economic exploration of early adoption of gasoline over ethanol", *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, SPECIAL ISSUE: Explorations in Biofuels Economics, Policy, and History, Vol., Article 11.
- Dimitrov Kristen (2007), "GreenFuel Technologies: A case study for industrial photosynthetic energy capture", document ronéoté, Brisbane, Australie <http://www.nanostring.net/Algae/CaseStudy.pdf>

- École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Energy Center (2007), "*Table Ronde sur les biocarburants durables*", Suisse <http://cgse.epfl.ch/webdav/site/cgqse/shared/biofuels/RSB-Intro.pdf>
- Etter Lauren et Millman Joel (2007), "*Ethanol tariff loophole sparks a boom in Caribbean*", Wall Street Journal, 9 mars 2007, <http://hughbartling.blogspot.com/2007/03/ethanol-tariff-sparks-a-boom-in.html>
- Heinimö Jussi, Pakarinen Virpi, Ojanen Ville et Kässi Tuomo (2007), "*International Bioenergy Trade - Scenario Study on International Biomass Market in 2020*", Université technique de Lappeenranta, Lappeenranta, Finlande.
- Howse Robert, van Bork Petrus et Hebebrand Charlotte (2006), "*WTO disciplines and biofuels: Opportunities and constraints in the creation of a global marketplace*", IPC Discussion Paper, International Food and Agricultural Trade Policy Council, Washington D.C.
- Hurt C., Tyner W. et Doering O. (2007), "*Economics of ethanol*" (ID-339), Purdue University Cooperative Extension Service, Purdue, Indiana.
- Jank Marcos, Kutas Géraldine, do Amaral Luis Fernando et Nassar André M. (2007), "*EU and US Policies on Biofuels: Potential Impacts on Developing Countries*", German Marshall Fund of the United States, Washington D. C.
- Kleinschmit Jim (2006a), "*IATP Sustainable Biomass Production Principles and Practices*", Institute for Agriculture and Trade Policy, Minneapolis <http://www.healthobservatory.org/library.cfm?refid=88049>
- Kleinschmit Jim (2006b), "*Biofuels or bust? How we can make the bioeconomy sustainable for the farmers and the land*", AG Matters (Institute for Agriculture and Trade Policy) Spring, p. 1 <http://www.agobservatory.org/library.cfm?refid=88049>
- Kojima Masami, Mitchell Donald et Ward William (2007, en cours de publication), "*Considering Trade Policies for Liquid Biofuels*", Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement/Banque Mondiale, Washington D.C.
- Koplow D. (2006), "*Biofuels - At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in the United States*", Initiative mondiale sur les subventions de l'Institut international du développement durable, Genève.
- Koplow, D. (2007), "*Biofuels – At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in the United States: 2007 Update*", Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Geneva.
- Ministère des Finances du Canada (2007), "*Le plan budgétaire 2007: Viser un Canada plus fort, plus sécuritaire et meilleur*", Ottawa www.budget.gc.ca/2007/bp/bpc3e.html#fuel
- Navarro Luis Hernandez (2007), "*The new tortilla war*", Americas Program Special Report, 7 mai 2007, International Relations Center, Silver City, Nouveau Mexique <http://americas.irc-online.org/pdf/reports/0705tortilla-eng.pdf>
- Nilles Dave (2006), "*Combating the glycerin glut*", Biodiesel Magazine, septembre 2006 <http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article=id=1123&q=&page=all>

- OCDE (2005), *Les réglementations environnementales et l'accès au marché*, Publications de l'OCDE, Paris.
- Schnepf Randy (2007), *"The US Farm Economy"*, mis à jour le 21 février 2007, Congressional Research Service, Washington D.C.
- Siu Yvonne (2007), *"Biofuels in Japan - Q&A with Hiroshi Shiraiwa"*, Trading Ideas (International Food and Agricultural Trade Policy Council), 3 mai 2007 www.agritrade.org/blog/2007/05/03/biofuels-in-japan-qa-with-hiroshi-shiraiwa
- Steenblik Ronald (2006), *"Liberalisation of trade in renewable energy and associated technologies: biodiesel, solar thermal and geothermal energy"*, document de travail n° 2006-01 de l'OCDE sur le commerce et l'environnement, OCDE, Paris www.oecd.org/dataoecd/45/32/3640527.pdf
- Steenblik, Ronald (2007), *Biofuels – At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Selected OECD Countries*, Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Geneva.
- Steenblik R. et Simon J. (2007), *Biofuels - At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Switzerland*, Initiative mondiale sur les subventions de l'Institut international du développement durable, Genève.
- Stoft Steven (2007), *"Calculation of ethanol subsidies for 2006"*, zFacts.com, consulté le 22 mai 2007, <http://zfacts.com/p/807.html>
- Thoenes p. (2006), *"Biocarburants et marchés des produits - Le point sur l'huile de palme"*, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome.
- Tokgoz Simla, Elobeid Amani, Fabiosa Jacinto, Hayes Dermot J., Babcock Bruce A., Yu Tun-Hsiang (Edward), Dong Fengxia, Hard Chad E. et Beghin John C. (2007), *"Emerging Biofuels: Outlook of Effects on U.S. Grain, Oilseed, and Livestock Markets"*, Staff Report 07-SR 101, Center for Agricultural and Rural Development, Université de l'État de l'Iowa, Ames, Iowa , www.card.iastate.edu/publications/DBS/PDFFiles/07sr101.pdf
- Turner Ted (2006), *"Speech from Ted Turner"*, Forum public de l'Organisation Mondiale du Commerce (Genève, Suisse, 25 septembre 2006), OMC, Genève. www.wto.org/english/forums-e/public-forum-e/turner-speech.doc
- Tyner W. (2007), *"U.S Ethanol Policy - Possibilities for the Future" (ID-342-W)*, Purdue University Cooperative Extension Service, Purdue, Indiana.
- UN-Energy (2007), *Bioénergie durable: élaborer un cadre pour les décideurs*, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome
- van Dama Jinke, Jungingera Martin, Faaij André, Jürgens Ingmar, Best Gustavo et Fritsche Uwe (2006a), *"Overview of recent developments in sustainable biomass certification"*, Bioenergy Task 40 AIE, Pays-Bas.
- van Dama Jinke, Jungingera Martin, Faaij André, Jürgens Ingmar, Best Gustavo et Fritsche Uwe (2006b), *"Overview of recent developments in sustainable biomass certification: Annexes"*, projet pour commentaires, Bioenergy Task 40 AIE, Pays-Bas.

Walter Arnaldo, Rosillo-Calle Frank, Dolzan Paulo B., Piacente Erik et Borges da Cunha Kamyla (2007), "*Market Evaluation: Fuel Ethanol*", Task 40 Sustainable Bio-energy Trade: Securing Supply and Demand (Deliverable 8), Université de l'État de Campinas, Brésil.

Westcott Paul (2007), *Ethanol Expansion in the United States: How Will the Agricultural Sector Adjust?*, Economic Research Service Report n° FDS-07D-01, Ministère américain de l'Agriculture, Washington D.C.
www.ers.usda.gov/Publications/FDS/05May/FDS07D01/fds07D01.pdf.

BIOCARBURANTS DURABLES POUR LE SECTEUR DES TRANSPORTS

Birgitte K. AHRING

**Université Technique du Danemark
COPENHAGUE
DANEMARK**

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	149
2. BIOCARBURANTS DE PREMIÈRE OU DE DEUXIÈME GÉNÉRATION	149
3. BIOCARBURANTS DE DEUXIÈME GÉNÉRATION : OBJECTIFS POLITIQUES AUX ÉTATS-UNIS ET DANS L'UNION EUROPÉENNE.....	152
4. UNE NOUVELLE POLITIQUE S'IMPOSE POUR PROMOUVOIR DES BIOCARBURANTS DURABLES	155
5. ESTIMATIONS DE LA PRODUCTION FUTURE DE BIOCARBURANTS AUX ÉTATS-UNIS ET DANS L'UNION EUROPÉENNE.....	156
6. TECHNOLOGIE DES BIOCARBURANTS	159
7. CONCLUSION	161

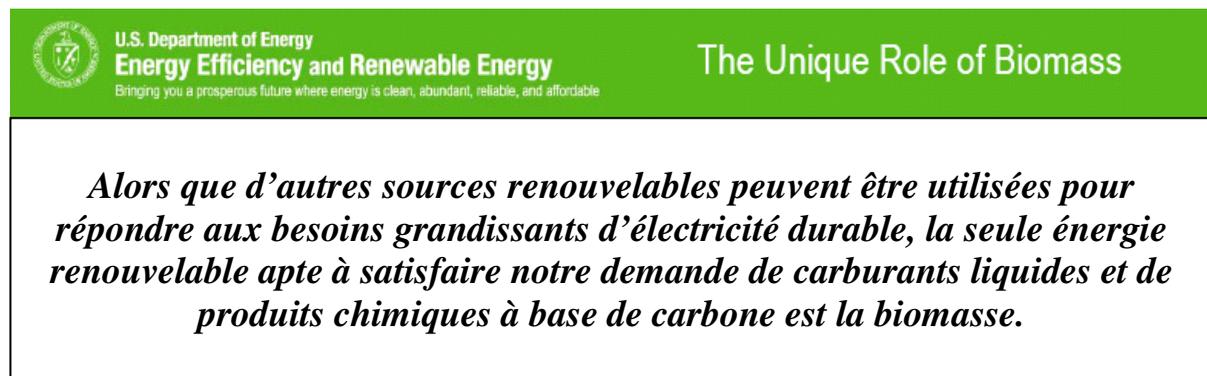
Copenhague, mai 2007

1. INTRODUCTION

Le secteur des transports est presque totalement tributaire des produits dérivés du pétrole ; or, tant aux États-Unis qu'en Europe, ce secteur absorbe environ un tiers de la consommation totale d'énergie et rejette quelque 30 pour cent des émissions de CO₂. Selon les prévisions, il contribuera dans une proportion de 90 pour cent à l'augmentation des émissions prévues de CO₂ de l'Union Européenne en 2010. Compte tenu de la progression ininterrompue de l'utilisation de produits pétroliers pour les transports en Chine, en Inde et dans d'autres pays d'Asie, la ruée vers le pétrole a poussé son prix à la hausse et stimulé la production de produits de substitution.

Il est essentiel de trouver des solutions de rechange, et les biocarburants devraient être la plus facile à mettre en œuvre, car ils ne nécessitent pas de modifications importantes des infrastructures ou des véhicules et des moteurs déjà présents sur le marché. Pour le Ministère de l'Énergie des États-Unis (*Department of Energy*, DOE), la biomasse occupe une place d'exception en tant que matière première utilisable pour produire des carburants, comme on le voit dans la Figure 1.

Figure 1. Déclaration du Ministère de l'Énergie des États-Unis



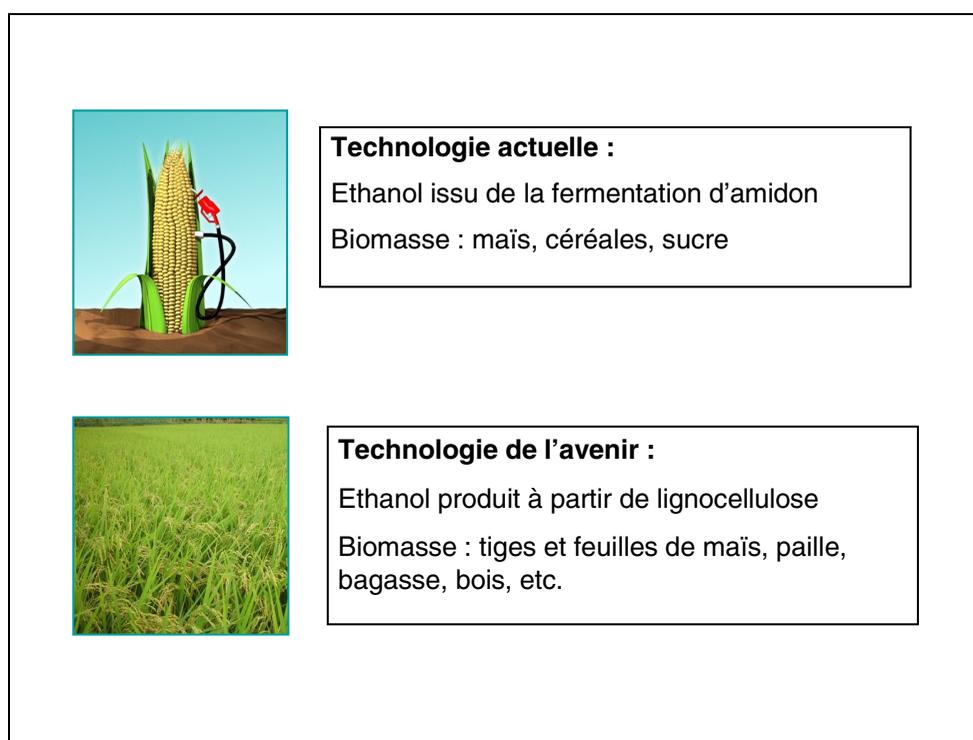
2. BIOCABURANTS DE PREMIÈRE OU DE DEUXIÈME GÉNÉRATION

Il importe de bien préciser que les biocarburants ne sont pas toujours « bio » -- et, dans certains cas, la production à grande échelle amènera, au total, à utiliser davantage de combustibles fossiles, d'où une augmentation des émissions de dioxyde de carbone. On peut contester l'intérêt du biodiesel produit à partir de colza et du bioéthanol issu du maïs, si l'on considère ces carburants sous l'angle du bilan énergétique net de leur production. De plus, pour produire des biocarburants de ce type, il faudra

occuper des terres qui pourraient servir à la production alimentaire, sans parler du risque d'aggraver par ailleurs la disparition de forêts tropicales humides ou le déboisement dans des régions du monde où les nouveaux débouchés ouvrent la voie à de nouveaux projets.

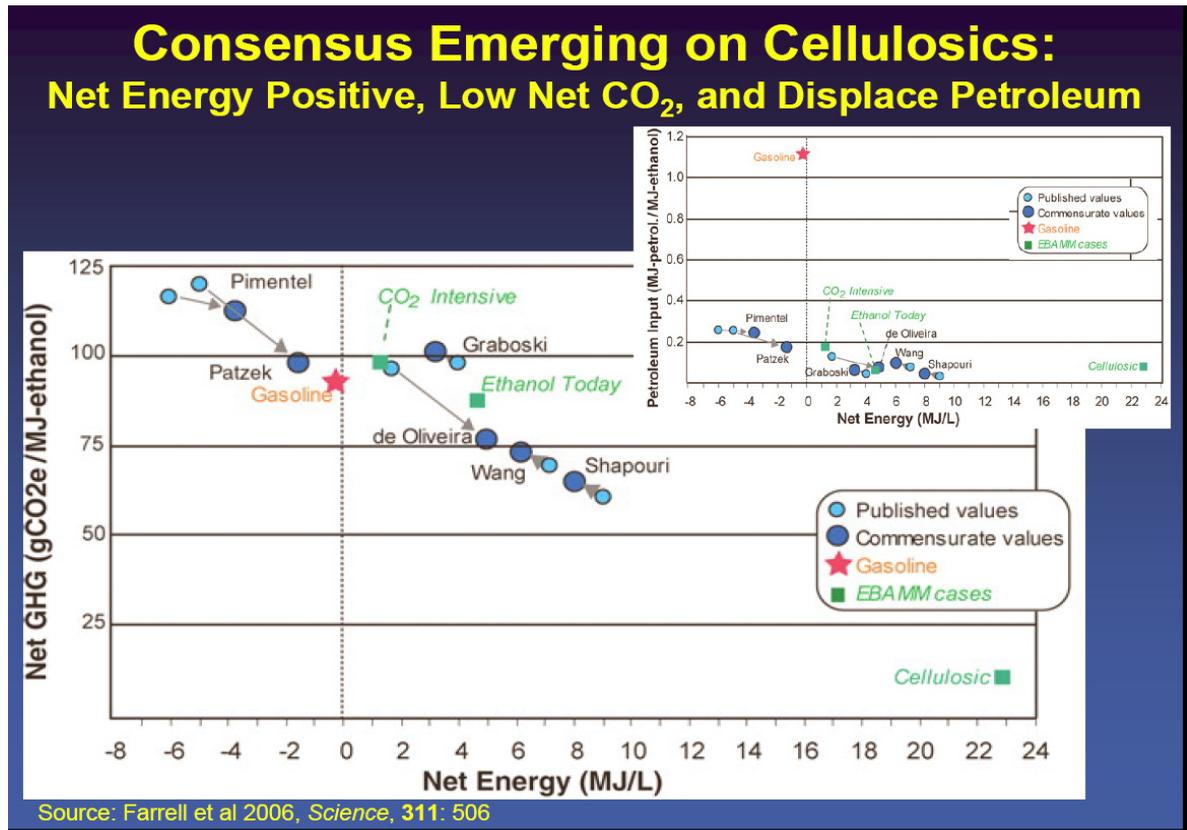
Le terme de biocarburants désigne généralement des carburants élaborés à partir de matières biologiques. Il fait normalement référence au biodiesel produit à partir de colza, de soja ou d'huile de palme et au bioéthanol élaboré à partir de canne à sucre, de maïs ou de blé. Les biocarburants de première génération sont ceux issus de cultures agricoles normales, tandis que la matière première utilisée pour produire ceux de deuxième génération comprend aussi les résidus et déchets agricoles ou ligneux et d'autres matières lignocellulosiques, provenant par exemple de cultures énergétiques (Figure 2).

Figure 2. **Technologies de production de bioéthanol**



Le bilan énergétique net de la production de biocarburants à partir de résidus est bien meilleur que celui de la technologie de première génération. Cette dernière nécessite en effet beaucoup plus d'énergie pour obtenir la matière première que la technologie qui utilise des déchets, puisque la consommation énergétique de ce procédé est principalement imputable à la collecte et au traitement des matières pendant la production des biocarburants. La Figure 3 présente une comparaison des deux générations, chiffrée et publiée par les auteurs mentionnés.

Figure 3. Comparaison chiffrée des biocarburants de première et de deuxième génération



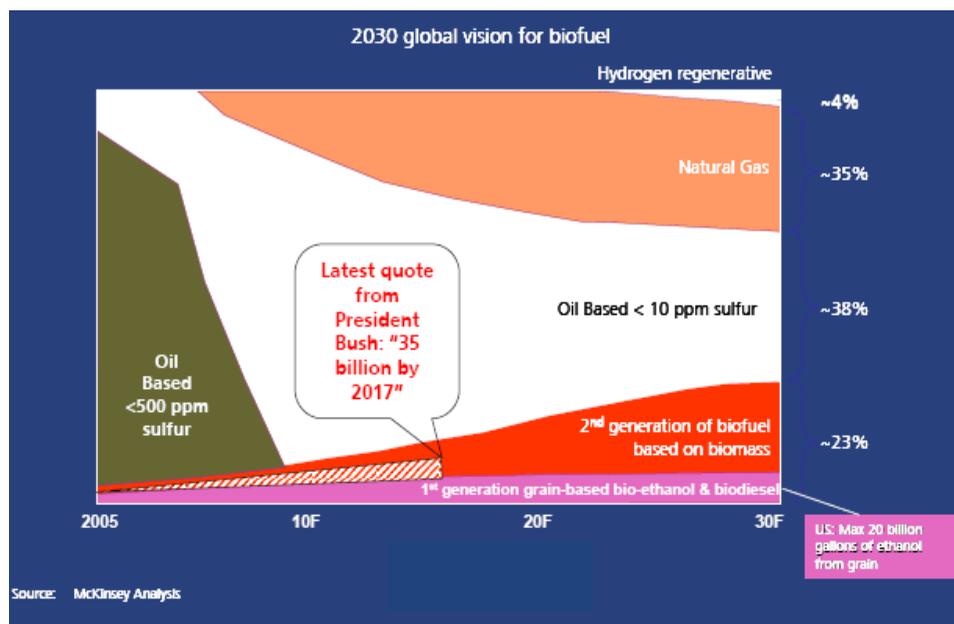
Source: Farrell *et al.*, 2006, *Science*, 311: 506.

Ce Graphique compare à des valeurs correspondantes pour l'essence (étoile rouge sur le Graphique) les émissions de gaz à effet de serre et la production nette d'énergie par litre de biocarburant obtenu. Il prend en compte quelques-unes des études les plus importantes menées sur ce thème depuis dix ans. Comme on peut le constater, l'éthanol que nous produisons aujourd'hui entraîne légèrement moins d'émissions de gaz à effet de serre que l'essence, et la production nette d'énergie associée à l'utilisation de biocarburants est faiblement supérieure à celle liée à l'essence. L'utilisation de lignocellulose comme matière première sera cependant beaucoup plus avantageuse, comme l'indique le carré vert situé en bas à droite du Graphique.

2. BIOCARBURANTS DE DEUXIÈME GÉNÉRATION : OBJECTIFS POLITIQUES AUX ÉTATS-UNIS ET DANS L'UNION EUROPÉENNE

L'an dernier, on a assisté à une intensification de la concurrence, en matière d'affectation des sols, entre la production alimentaire et celle de carburants. La nouvelle de la « crise des tortillas » au Mexique s'est répandue dans le monde et, récemment, le Président de Cuba a déclaré la « guerre » au bioéthanol. En conséquence, le Président Bush a annoncé que les États-Unis réduiraient de 20 pour cent leur consommation d'essence dans les dix années à venir. Pour atteindre cet objectif, il faudra environ 132 milliards de litres de bioéthanol, dont 76 milliards de litres d'éthanol cellulosique, en 2017.

Figure 4. Perspectives mondiales des biocarburants de 2ème génération à l'horizon 2030



Source: Mackinsey Analysis

La politique de promotion des biocarburants fondée sur des objectifs chiffrés s'est également imposée dans le contexte européen. L'Union Européenne a reconduit son objectif actuel, à savoir celui d'utiliser 5.75 pour cent de biocarburants à l'horizon 2010, et vise désormais une production de 10 pour cent en volume en 2020. Comme les États-Unis, l'Union Européenne continue à préparer le terrain pour passer aux biocarburants de deuxième génération. La réalisation de l'objectif qu'elle s'est donné passera par la disponibilité de biocarburants de deuxième génération sur le marché.

Si la technologie de production de biocarburants de première génération à partir de cultures sucrières, de maïs ou d'oléagineux est bien connue, l'utilisation de biomasse lignocellulosique fait intervenir plusieurs nouveaux procédés qui n'ont pas encore atteint le même degré de maturation technique. Le Ministère de l'Énergie (DOE) des États-Unis a publié en juillet 2006 une « feuille de route » pour amener sur le marché le bioéthanol de deuxième génération. Cette « feuille de route » scientifique de 200 pages mentionne les avancées récentes des biotechnologies qui ont rendu réalisable l'objectif visant une production rentable d'éthanol à partir de cellulose ou de fibres végétales non comestibles. Elle décrit un programme détaillé de recherche ayant pour but la mise au point de nouvelles technologies, afin de faire de l'éthanol cellulosique un carburant économiquement viable. D'après ce rapport, de nombreux aspects technologiques doivent être perfectionnés, notamment les cultures énergétiques, les méthodes de traitement préalable, l'hydrolyse et les enzymes, la fermentation microbienne et les autres procédés de fermentation.

Le DOE investit actuellement des sommes considérables en vue d'abaisser le coût des biocarburants de deuxième génération dans le cadre de la supervision d'un programme de recherche (les *GTL Bioenergy Centers* – dotés de plus de 400 millions USD) et d'un programme de démonstration dont six projets viennent d'être approuvés, pour un coût maximum total de 385 millions USD (voir Tableau 1).

Tableau 1. Les six projets d'éthanol cellulosique retenus pour un financement par le DOE, février 2007

PROJET	DESCRIPTION
Abengoa Bioenergy Biomass (Kansas), LLC (Chesterfield, Missouri), à concurrence de 76 millions USD	L'usine proposée sera implantée dans l'État du Kansas. Elle produira environ 43.15 millions de litres d'éthanol par an et suffisamment d'énergie pour alimenter l'installation en électricité ; l'énergie excédentaire sera utilisée pour alimenter le broyeur à sec de maïs qui y est couplé. L'usine consommera 700 tonnes par jour de tiges et feuilles de maïs, de paille de blé, de chaumes de sorgho, de panic érigé ou d'autres matières premières.
ALICO , Inc. (LaBelle, Floride), à concurrence de 33 millions USD	L'usine proposée sera implantée à LaBelle (comté de Hendry), Floride. Elle produira environ 52.6 millions de litres d'éthanol par an et 6 255 kilowatts d'électricité, ainsi que 8.8 tonnes d'hydrogène et 50 tonnes d'ammoniac par jour. Y seront utilisées comme matière première 770 tonnes par jour de déchets de jardin ou de bois et de résidus végétaux, ainsi que de la canne à sucre à terme.
BlueFire Ethanol, Inc. (Irvine, Californie), à concurrence de 40 millions USD	L'usine proposée sera implantée en Californie du Sud, sur le site d'une décharge existante. Elle produira environ 71.9 millions de litres d'éthanol par an. Elle utilisera comme matière première 700 tonnes par jour de résidus végétaux triés et de déchets de bois provenant de décharges.
Poet Energy (antérieurement Broin Companies) (Sioux Falls, Dakota du Sud), à concurrence de 80 millions USD	L'usine est située à Emmetsburg (comté de Palo Alto), Iowa. Après son agrandissement, elle produira environ 473.2 millions de litres d'éthanol par an, dont quelque 25 pour cent d'éthanol cellulosique. Pour la production de ce dernier, il est prévu de consommer comme matière première 842 tonnes par jour de fibres de maïs et de rafles.
Iogen Biorefinery Partners , LLC, (Arlington, Virginie), à concurrence de 80 millions USD	L'usine proposée sera construite à Shelley, Idaho, près d'Idaho Falls, et produira environ 68 millions de litres d'éthanol par an. Elle consommera comme matière première 700 tonnes par jour de déchets agricoles, notamment de la paille de blé ou d'orge, des tiges et feuilles de maïs, du panic érigé et de la paille de riz.
Range Fuels (antérieurement Kergy Inc.) (Broomfield, Colorado), à concurrence de 76 millions USD	L'usine proposée sera construite à Soperton (comté de Treutlen), Géorgie. Elle produira annuellement environ 151 millions de litres d'éthanol et 34 millions de litres de méthanol. Elle consommera comme matière première 1 200 tonnes par jour de résidus de bois et de cultures ligneuses énergétiques.

3. UNE NOUVELLE POLITIQUE S'IMPOSE POUR PROMOUVOIR DES BIOCARBURANTS DURABLES

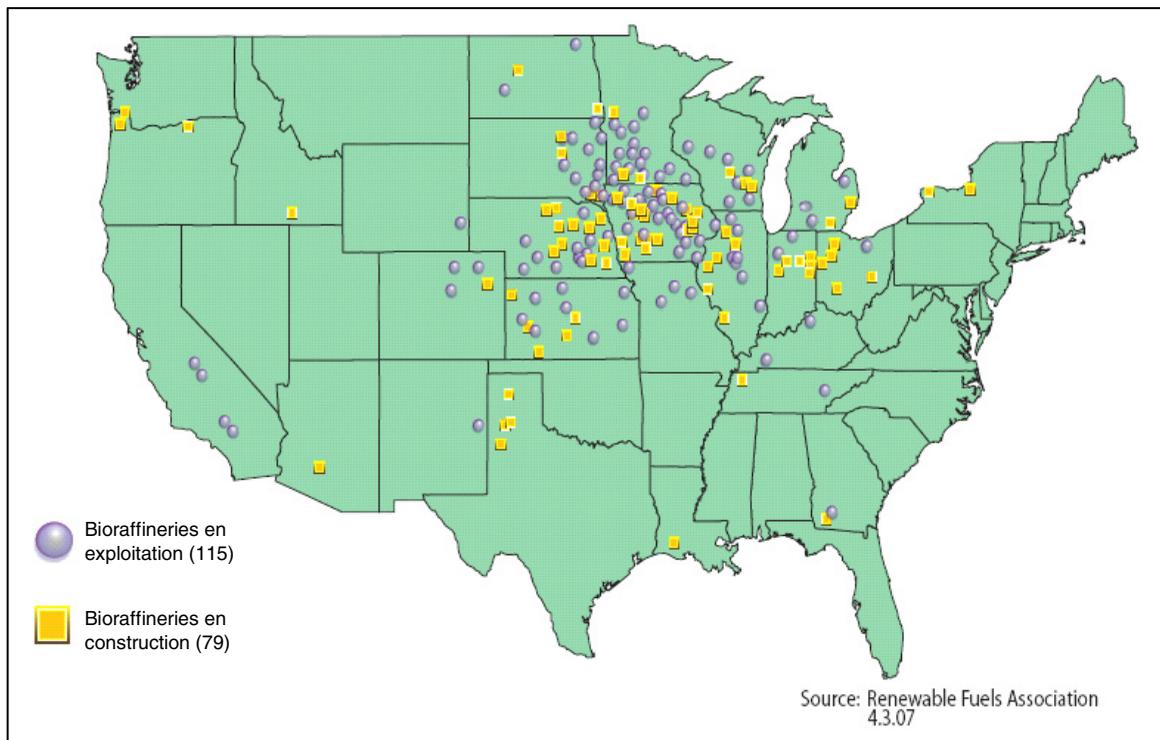
La politique axée sur des objectifs chiffrés n'énonce pas explicitement des objectifs de durabilité, et pour ce faire une nouvelle réglementation sera nécessaire. Par exemple, de nouvelles mesures fondées sur la qualité des biocarburants ont été proposées en Californie en janvier 2007, lorsque cet État a adopté la « *Low Carbon Fuel Standard* », norme visant à réduire de 10 pour cent d'ici à l'an 2020 l'intensité de carbone des carburants « du puits à la roue ». Pour parvenir à respecter cette norme, les biocarburants produits au moyen des technologies de deuxième génération seront beaucoup plus intéressants que les biocarburants de première génération, parce qu'ils entraîneront moins d'émissions de gaz à effet de serre (ceux de deuxième génération permettront de réduire ces émissions de 80 pour cent par rapport à l'essence, contre 20 pour cent pour l'éthanol actuellement produit à partir de maïs). La Commission Européenne examine actuellement des objectifs analogues, parce que ceux qui concernent le bilan des émissions de gaz à effet de serre de l'essence et du gazole en tenant compte du cycle complet pourraient l'obliger à utiliser davantage de biocarburants durables que de biocarburants moins durables. Une solution envisageable pour diminuer le poids des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports est d'améliorer les procédés de production du pétrole, mais il en découlerait une réduction de 1-2 pour cent seulement, et non de 10 pour cent.

Seule l'utilisation de biocarburants performants peut avoir un impact important. C'est sur le fournisseur de carburants que retombera la charge de la preuve, et il faudra mettre en place un système de déclaration contrôlé pour s'assurer que le nouveau carburant émet vraiment moins de gaz à effet de serre que le précédent. A cet effet, les biocarburants devront faire l'objet d'une ***certification de respect du climat***. En adoptant à l'égard des carburants une démarche qualité relative au climat, beaucoup de difficultés seront réglées au niveau du marché, et non en bout de chaîne. En outre, cette démarche peut être affinée pour éviter des problèmes tels que la disparition de la biodiversité ou la concurrence dont les ressources seront l'enjeu lorsque l'on produira des biocarburants.

4. ESTIMATIONS DE LA PRODUCTION FUTURE DE BIOCARBURANTS AUX ÉTATS-UNIS ET DANS L'UNION EUROPÉENNE

La production de bioéthanol de première génération a été très rentable au cours des cinq dernières années aux États-Unis, et nombre d'usines ont vu le jour ou sont actuellement en chantier. La Figure 5 présente la carte des installations de production de bioéthanol en service et en construction aux États-Unis.

Figure 5. Installations de production de bioéthanol aux États-Unis



La production de biocarburants de l'Union Européenne se montait à 2.4 millions de tonnes en 2004, soit environ 0.8 pour cent de la consommation d'essence et de gazole de l'Union Européenne. Elle comprenait au total 0.5 million de tonnes de biodiesel et 1.9 million de tonnes de bioéthanol. En Europe, la consommation de biodiesel a dépassé celle de bioéthanol dans certains pays de l'Union Européenne, l'Allemagne et l'Autriche par exemple. Cependant, de nombreux États membres de l'Union Européenne produisent du bioéthanol à partir de céréales, notamment l'Allemagne, l'Espagne, la France et la Suède. Le nombre d'usines est toutefois faible, dans la perspective de ce que nécessiterait la réalisation de l'objectif de 2003 de l'Union Européenne :

atteindre 5.75 pour cent de biocarburants en 2010. Aujourd'hui, le Brésil fournit à l'Union Européenne de l'éthanol élaboré à partir de canne à sucre, et ces importations risquent d'augmenter à l'avenir, si le rythme de construction d'usines dans ce secteur ne s'accélère pas.

Les biocarburants de deuxième génération ont suscité un intérêt généralisé et les capitaux considérables qui leur ont été consacrés ont donné lieu à plusieurs projets pilotes et de démonstration dans ce domaine, en particulier aux États-Unis. En appliquant la formule du partage des coûts, il a été possible d'intéresser beaucoup de producteurs de bioéthanol de première génération, afin qu'ils investissent dans la nouvelle filière. Dans l'Union Européenne, les projets de démonstration concernant les biocarburants de deuxième génération sont surtout financés au niveau national, et le programme-cadre de recherche actuel de l'Union Européenne ne s'est pas avéré approprié à ce type de réalisations, qui exigent des financements importants pour des projets beaucoup plus ciblés que ne le sont en général ceux de l'Union Européenne. Le Tableau 2 présente une liste d'entreprises opérant dans la filière du bioéthanol de deuxième génération, accompagnée d'une description de leurs projets de démonstration en préparation.

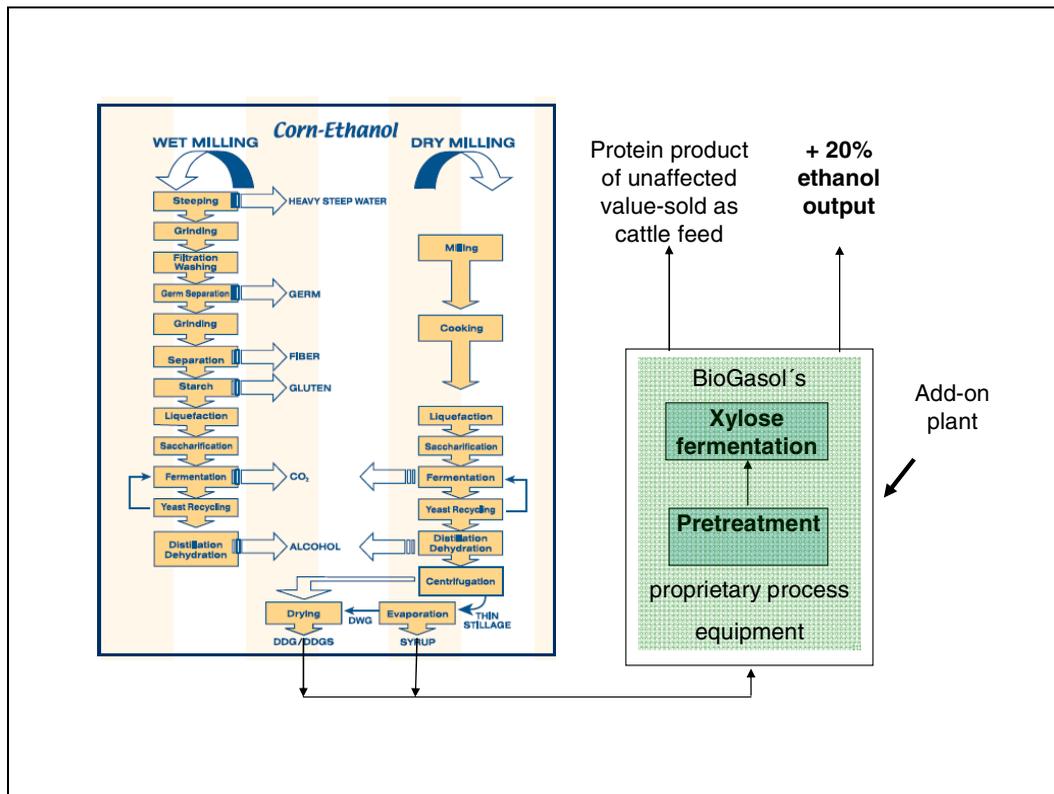
Tableau 2. **Entreprises opérant dans la filière de deuxième génération**

ENTREPRISE	PROJETS DE DEUXIÈME GÉNÉRATION
Abengoa (Espagne)	Abengoa est l'un des plus gros producteurs d'éthanol du monde. Au cours de l'été 2007, cette société disposera d'une installation de démonstration de deuxième génération en service à Salamanque (Espagne). L'usine transformera 70 tonnes de résidus agricoles (paille de blé, par exemple) en éthanol par jour. Elle produira 5 millions de litres d'éthanol par an.
BioGasol (Danemark)	BioGasol a ouvert son usine pilote en septembre 2006 : l'installation totalement intégrée a une capacité de production de 16 400 litres d'éthanol par an. BioGasol a commencé la conception d'une installation de démonstration de deuxième génération d'une capacité de 10 millions de litres d'éthanol par an, qui sera complètement opérationnelle en avril 2009.
Celunol (États-Unis)	En novembre 2006, Celunol a mis en service une usine d'éthanol à Jennings. Au cours de l'été 2007, une installation de deuxième génération, implantée sur le même site, produira 5.3 millions de litres d'éthanol par an. En janvier 2007, Celunol a lancé au Japon une petite installation pilote de deuxième génération qui produit 1.4 million de litres d'éthanol par an à partir de résidus de bois.
Iogen (Canada)	Iogen possède une installation pilote de deuxième génération et prévoit qu'une usine en vraie grandeur sera en service avant l'été 2007 et produira 75.7 millions de litres d'éthanol par an.
Mascoma (États-Unis)	Dans l'État de New York, Mascoma prévoit de commencer à construire durant l'été une usine pilote d'une capacité de production annuelle de 1.9 million de litres d'éthanol. Selon les prévisions, elle sera mise en exploitation fin 2007/début 2008.
Poet Energy (États-Unis)	Poet Energy est l'un des plus grands producteurs mondiaux d'éthanol, et le deuxième des États-Unis. Cette société prévoit de construire en 2009 dans l'Iowa une usine de deuxième génération d'une capacité de production de 190 millions de litres d'éthanol par an, qui sera portée ultérieurement à 473 millions de litres d'éthanol annuels.
SunOpta (Canada)	Sunopta a conçu un procédé de traitement préalable. En collaboration avec GreenField, elle prévoit d'implanter une installation de démonstration de deuxième génération dans l'Ontario ou au Québec. Elle a aussi le projet d'en installer une en Chine, par le biais d'une entreprise à monter avec <i>China Resources Alcohol Corporation</i> . Cette installation sera en service fin 2007 et produira 6.4 millions de litres d'éthanol par an.
TMO (Royaume-Uni)	TMO prévoit d'implanter une installation de démonstration de deuxième génération à Rotterdam (Pays-Bas) pour la mettre en exploitation début 2008 ; elle produira environ 12 millions de litres d'éthanol par an.
Xethanol (États-Unis)	Xethanol construira à Augusta une installation de démonstration de deuxième génération qui produira 189 millions de litres d'éthanol par an à partir de l'été 2007. Elle construira également à Bartow, en Floride, une usine pilote utilisant comme matière première des résidus de la production d'agrumes. Initialement, cette usine produira 0.2 million de litres d'éthanol par an ; après la première production, cette capacité sera portée à 1.9 million de litres d'éthanol par an.

5. TECHNOLOGIE DES BIOCARBURANTS

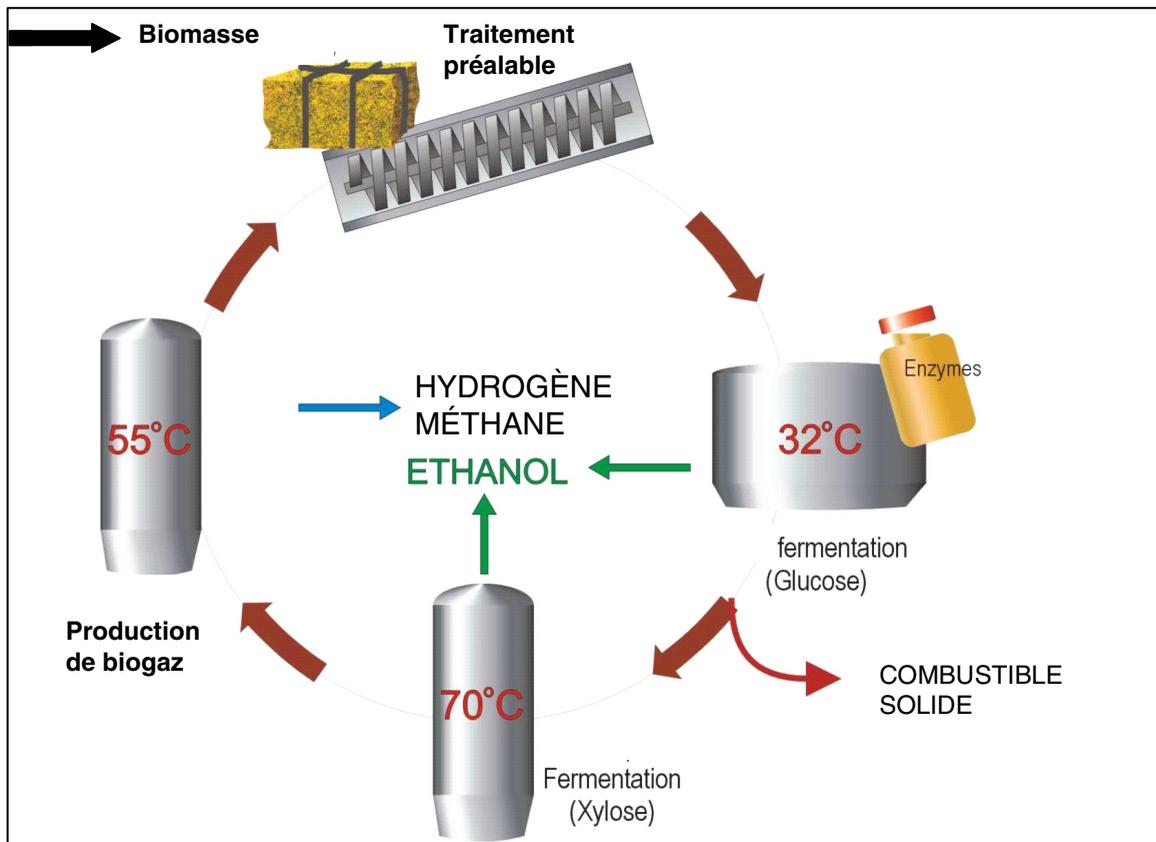
La technologie de production de bioéthanol de première génération permet de produire, en plus du biocarburant, un produit alimentaire. Dans un broyeur par voie sèche, environ un tiers de la matière première devient un aliment, un tiers du bioéthanol et le reste du dioxyde de carbone dégagé durant le procédé de transformation. L'aliment obtenu, de qualité relativement médiocre, se compose de protéines dénaturées, d'amidon de faible qualité et d'un peu de lignocellulose. Il ne présente de l'intérêt que pour nourrir le bétail bovin, pour l'essentiel, et son prix est soumis à des pressions au fur et à mesure que les quantités produites augmentent. Ce produit pourrait toutefois servir de matière première pour la production de biocarburants de deuxième génération, ce qui accroîtrait la production d'éthanol par tonne de grains de maïs utilisée. Par conséquent, intégrer les technologies de première et de deuxième générations en ajoutant à l'installation de production de bioéthanol de première génération l'équipement nécessaire pour élaborer du biocarburant de deuxième génération est une démarche prometteuse.

Figure 6. Ajout d'une installation utilisant la technologie de traitement de deuxième génération



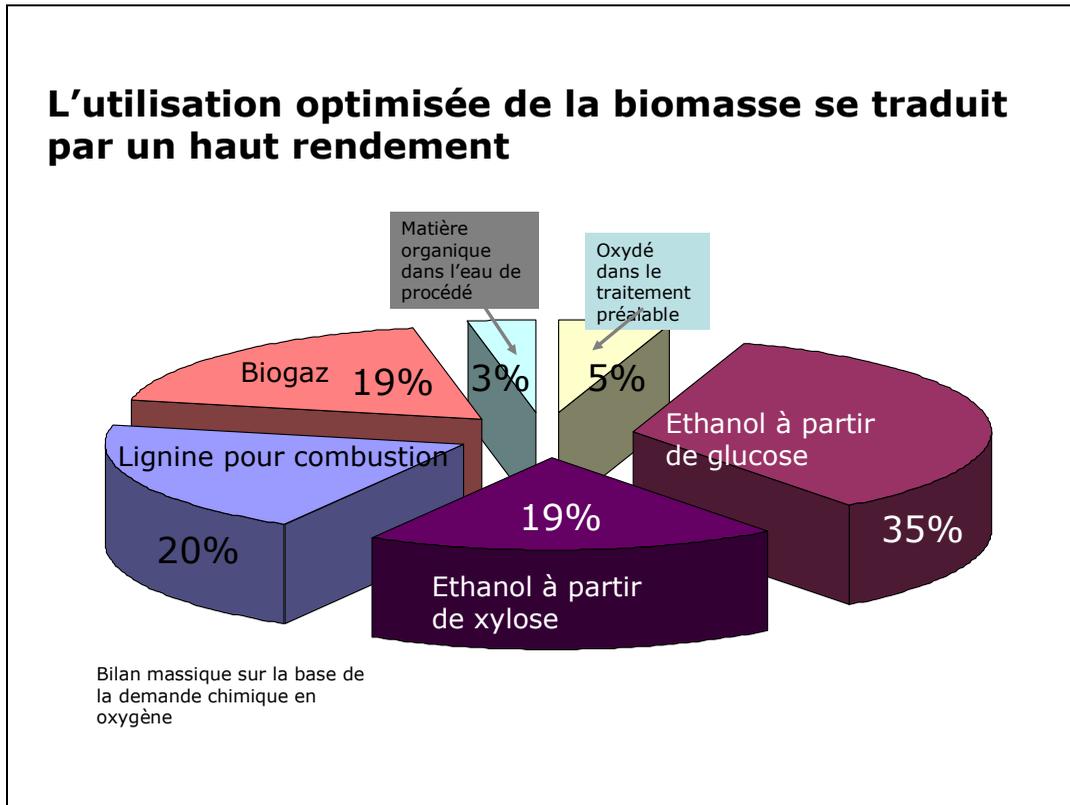
La production de biocarburants durables de deuxième génération fait nécessairement intervenir une consommation d'autres combustibles ou produits. En effet, comme le bioéthanol ne peut être élaboré qu'à partir de glucides, il restera 25-40 pour cent de la matière première sous forme de déchets, si on ne les utilise pas à d'autres fins. Le concept MaxiFuels est appliqué dans une installation pilote construite en vue de maximiser la quantité de produits énergétiques obtenus et d'utiliser intégralement la biomasse pour cette production (Figure 7).

Figure 7. Le concept MaxiFuels



Ce concept aboutit à la production d'un combustible solide (la fraction de lignine), d'hydrogène et de méthane, en plus de l'éthanol. L'eau est réutilisée et les éléments nutritifs sont extraits pour en faire des engrais. En tirant parti de tout le carbone disponible dans la matière première, on obtient de l'éthanol à bas coût au moyen d'une méthode sans danger pour l'environnement. En outre, le procédé affiche un haut rendement de conversion net : c'est donc un exemple du type de procédé qui devrait servir de référence pour définir les normes applicables à la production future de biocarburants de deuxième génération.

Figure 8. Résultats du concept MaxiFuels



7. CONCLUSION

Un avenir brillant se dessine pour la deuxième génération. Des ressources financières importantes seront nécessaires pour amener cette technologie sur le marché et ensuite faire en sorte que les entreprises de l'Union Européenne puissent concurrencer celles des États-Unis, qui bénéficient d'ores et déjà d'un soutien financier considérable. Les programmes de recherche de l'Union Européenne doivent être plus ciblés et mieux adaptés au financement des projets de démonstration des différents États membres.

**PERFORMANCES DES BIOCARBURANTS BRÉSILIENS :
ANALYSE ÉCONOMIQUE, ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE**

**Edmar Fagundes DE ALMEIDA
Jose Vitor BOMTEMPO
Carla Maria DE SOUZA E SILVA**

**Energy Economics Group
Institute of Economics - IE
Université fédérale de Rio de Janeiro – UFRJ
BRÉSIL**

SOMMAIRE

INTRODUCTION	167
1. PERFORMANCES DE L'ÉTHANOL BRÉSILIEN	167
1.1. Performances économiques de l'éthanol	169
1.2. Performances environnementales de l'éthanol	177
1.3. Dimension sociale	182
1.4. Le Brésil en tant qu'exportateur mondial d'éthanol	182
2. PERFORMANCES DU BIODIESEL BRÉSILIEN	187
2.1. Performances économiques du biodiesel	188
2.2. Performances environnementales du biodiesel	196
2.3. Le Brésil en tant qu'exportateur mondial de biodiesel	199
NOTES	201
BIBLIOGRAPHIE.....	204

Rio de Janeiro, révision juillet 2007

INTRODUCTION

La hausse du prix du pétrole et l'aggravation du changement climatique favorisent la mise en place de programmes en faveur des biocarburants sur l'ensemble de la planète. Les biocarburants sont une tradition implantée de longue date au Brésil, qui est un grand producteur d'éthanol depuis les années 1970. En 2006, l'éthanol représentait 17 pour cent de l'offre totale de carburants¹. L'éthanol brésilien tiré de la canne à sucre est également réputé pour ses performances économiques. En 2005, le Gouvernement brésilien a instauré un programme en faveur du biodiesel.

Ce rapport vise à présenter un examen critique des programmes brésiliens en faveur de l'éthanol et du biodiesel. Il permet de tirer des enseignements sur la compétitivité potentielle des biocarburants par rapport aux carburants traditionnels. Il décrit également les répercussions sociales et environnementales potentielles des biocarburants au Brésil. L'examen présenté dans ce rapport est basé sur une analyse approfondie de la documentation consacrée aux biocarburants brésiliens. Des entretiens avec des experts ont également été menés pour apporter des précisions sur certains points.

Le présent document est divisé en deux parties : la première est axée sur le programme en faveur de l'éthanol et la seconde sur le programme en faveur du biodiesel. La première partie comporte les sections suivantes : i) performances économiques ; ii) performances environnementales ; iii) performances sociales ; iv) performances en matière de sécurité énergétique ; v) le Brésil en tant qu'exportateur mondial d'éthanol. La seconde partie est subdivisée comme suit : i) performances économiques ; ii) performances environnementales ; iii) le Brésil en tant qu'exportateur mondial de biodiesel.

1. PERFORMANCES DE L'ÉTHANOL BRÉSILIEN

La canne à sucre destinée à la production de sucre est cultivée depuis plus de 500 ans au Brésil. Depuis les années 1930, elle est également utilisée pour produire de l'éthanol destiné à être incorporé à l'essence à un taux de 5 pour cent en moyenne². En 1975, les autorités brésiliennes ont instauré le Programme en faveur de l'alcool en vue d'atténuer les répercussions macroéconomiques de la hausse du prix du pétrole. Ce programme peut être subdivisé en deux phases. Durant la première phase, qui correspond à la période comprise entre les chocs pétroliers, les pouvoirs publics ont instauré des mesures d'incitation en faveur de la production d'éthanol tiré de la canne à sucre et ont rendu obligatoire l'incorporation de 10 pour cent d'éthanol dans l'essence. Durant la seconde phase, l'adoption d'un nouvel éventail de mesures incitatives en faveur des constructeurs automobiles et des automobilistes a permis le développement d'un marché de la voiture à éthanol. Près de 100 pour cent des voitures particulières assemblées en 1988 roulaient à l'éthanol³. Toutefois, la baisse du prix du

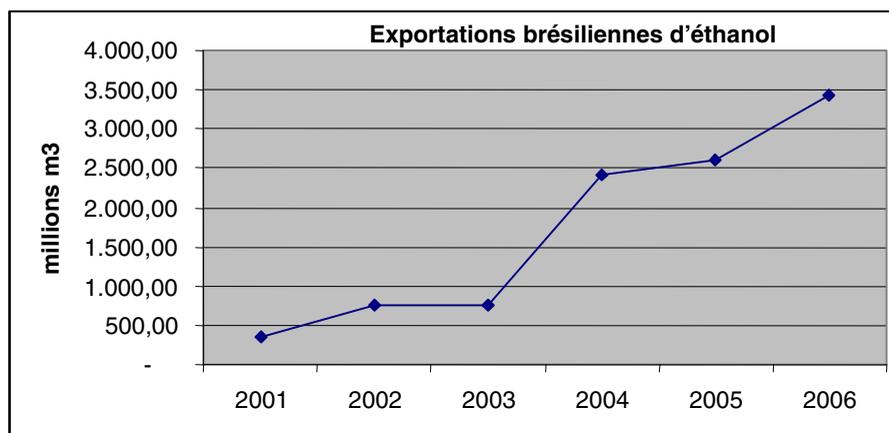
pétrole au milieu des années 1980 et l'envolée du cours mondial du sucre ont eu des répercussions sur le mécanisme de l'offre et de la demande de l'éthanol et ont entraîné une pénurie de carburant. Cette situation a entamé la crédibilité du programme en faveur de l'éthanol. La vente de voitures à éthanol a pratiquement cessé durant les années 1990.

Le déclin du marché des voitures à éthanol a entraîné une baisse de la production d'éthanol. Après 2001, la production a connu une nouvelle phase d'expansion, qui s'explique essentiellement par la combinaison des trois éléments suivants : la hausse du prix du pétrole, la reprise du marché brésilien de l'éthanol et la demande internationale.

Comme ce fut le cas pour la demande nationale, l'élément déterminant a été l'apparition des véhicules polycarburants. Ceux-ci peuvent fonctionner avec n'importe quel mélange d'essence et d'éthanol, de sorte que les automobilistes peuvent choisir leur carburant en fonction des prix relatifs à la pompe. Cette technologie, qui élimine le risque de pénurie d'éthanol sans engendrer de coûts supplémentaires par rapport aux voitures roulant exclusivement à l'essence, a profondément modifié le contexte dans lequel s'inscrit le marché brésilien de l'éthanol. Du fait de la hausse des cours mondiaux du pétrole, le prix de l'éthanol est devenu plus attrayant pour le consommateur final. Le nombre de véhicules polycarburants vendus depuis 2003 se chiffre à 2.8 millions. En 2006, ces véhicules représentaient 80 pour cent des ventes de voitures automobiles. Selon nos estimations, les véhicules polycarburants pourraient représenter jusqu'à 27 pour cent du parc automobile brésilien en 2010 et jusqu'à 43 pour cent en 2015.

En 2006, la production d'éthanol était estimée à 17.7 milliards de litres (Ministère de l'Agriculture, 2007). Environ 80 pour cent de cette production était consommée sur le marché intérieur. Les exportations d'éthanol connaissent également une progression rapide depuis 2003 (Figure 1). En 2006, le Brésil a exporté quelque 3.5 milliards de litres, principalement à destination des États-Unis (60 pour cent). En raison de l'existence de barrières à l'importation, une part importante de ces exportations sont acheminées vers les États-Unis dans le cadre de l'Initiative pour l'investissement dans le bassin des Caraïbes (IIC) : l'éthanol est exporté vers des pays d'Amérique centrale ou des Caraïbes, d'où il est ensuite réexporté vers les États-Unis en franchise de droits (l'éthanol que le Brésil vend directement aux États-Unis est soumis à un droit d'entrée de 0.54 USD par gallon)⁴.

Figure 1. Évolution des exportations d'éthanol – Brésil (en millions de litres)



Source : Unica (2007) et Ministère de l'Agriculture.

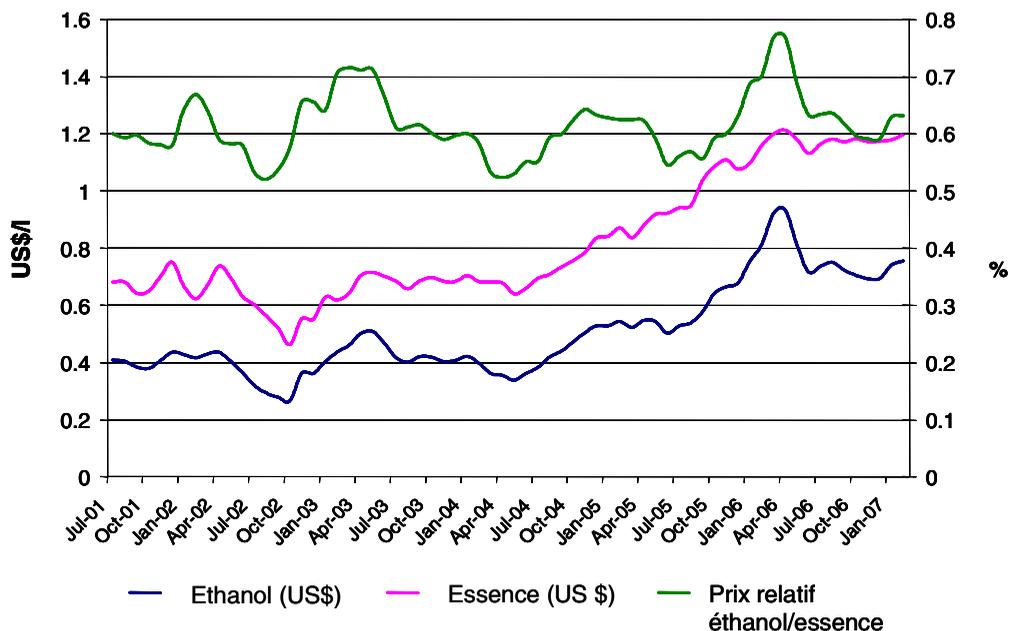
1.1. Performances économiques de l'éthanol

Au Brésil, la production de sucre et d'éthanol est un secteur économique important, qui occupe environ 3.6 millions de personnes et représente 3.5 pour cent du PIB. En 2005-2006, le Brésil a assuré 25 pour cent de la production mondiale de canne à sucre (440 millions de tonnes) et a consacré 6 millions d'hectares à cette culture. Actuellement, 50 pour cent de la production totale de canne à sucre est destinée à la production d'éthanol. Environ 70 pour cent de la canne à sucre est cultivée directement par les 370 sucreries et usines d'éthanol du pays. Le reste est produit par 70 000 planteurs indépendants.

Jusqu'en 1997, les pouvoirs publics contrôlaient les prix de l'éthanol en le plafonnant à 60 pour cent du prix de l'essence à la pompe. Ce rapport entre les prix était garanti au moyen de subventions. La libéralisation progressive du marché brésilien des carburants a débouché en 2002 sur la déréglementation totale des prix de l'essence, du gazole et du GNC.

Vu la différence de teneur énergétique, le prix par litre d'éthanol hydraté ne doit pas dépasser 70 pour cent du prix par litre de l'essence pour être attrayant aux yeux des propriétaires de véhicules polycarburants. Comme l'indique la Figure 2, dès la libéralisation du marché des carburants, le prix de l'éthanol hydraté a évolué parallèlement au prix de l'essence. Toutefois, l'écart entre les prix des deux produits varie dans le temps : durant la période comprise entre 2001 et 2007, le prix de l'éthanol a dépassé 70 pour cent du prix de l'essence à deux reprises.

Figure 2. Évolution des prix de l'essence et de l'éthanol hydraté au Brésil
2001-2007



Source : National Petroleum Agency.

Note : les prix s'entendent taxes incluses.

Il est intéressant de relever que les prix payés par les consommateurs finaux d'éthanol varient d'un État à l'autre en raison de différences au niveau des prélèvements fiscaux et des coûts logistiques. Ces écarts de prix entre régions/États peuvent atteindre 60 pour cent.

1.1.1. Évolution des coûts de production de l'éthanol

Les coûts de production de l'éthanol sont déterminés par trois éléments principaux : les coûts de production de la canne à sucre, les coûts de transformation de la canne à sucre et le taux de conversion de la canne à sucre en éthanol. Le Brésil a réalisé d'importants gains de productivité au niveau de la production de canne à sucre. Ainsi, la productivité moyenne de la canne à sucre dans l'État de Sao Paulo est passée de 66 tonnes par hectare (tonnes/ha) en 1977 à 80 tonnes/ha en 2003. La productivité globale a connu la même évolution et a atteint 73 tonnes/ha. La qualité de la canne à sucre s'est également améliorée : le taux de sucrose est passé de 14 pour cent en 1988 à 14.6 pour cent en 2003. Cette amélioration est le fruit de nombreux travaux de recherche agronomique sur la canne à sucre réalisés notamment par le Centre de recherches brésilien pour l'agriculture (Embrapa).

Durant les années 1980 et 1990, les coûts de transformation de la biomasse ont fortement baissé à mesure que le taux de conversion s'est amélioré. Au cours des cinq dernières années, les techniques de production de l'éthanol ont atteint leur maturité et la productivité s'est stabilisée (Macedo et Nogueira, 2005). La combinaison des deux types de gains de productivité au sein d'un même indicateur

-- exprimé en litres d'éthanol hydraté par hectare – montre que la productivité a connu une progression régulière d'environ 4 pour cent par an au cours des 29 dernières années et qu'elle a atteint 6,000 litres par hectare (Nastari, 2005).

Après la libéralisation des prix de l'éthanol, les coûts n'ont pas fait l'objet d'estimations systématiques. Rares sont les travaux qui ont été réalisés sur ce sujet et la plupart des analyses de coûts font référence à une seule et même étude. Celle-ci, qui a été effectuée par le Ministère brésilien des Sciences et des Technologies (MC&T) à l'aide de données se rapportant à l'année 1990, a estimé les coûts de production à 0.23 USD par litre (MC&T, 2002). Cette analyse a servi de base de référence pour l'étude sur les biocarburants réalisée par l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE, 2004). Cette valeur a ensuite été reprise dans la plupart des travaux faisant référence aux coûts de production de l'éthanol brésilien, alors que les taux de change, les coûts de la canne à sucre, les coûts des produits pétroliers et d'autres éléments de coûts importants ont considérablement fluctué.

Macedo et Nogueira (2005) ont actualisé la structure des coûts et ont estimé que les coûts de production de l'éthanol dans la région Centre-Sud du Brésil s'élevaient à 0.21 USD par litre. La Banque Mondiale a, quant à elle, calculé qu'au Brésil les coûts de production moyens se situaient dans une fourchette de 0.23 à 0.29 USD par litre (Kojima et Johnson, 2006). Toutes ces études permettent de penser que l'éthanol brésilien est compétitif par rapport au pétrole dont le cours se situerait aux environs de 30 USD par baril.

En réalité, estimer les coûts de production actuels de l'éthanol brésilien n'est pas chose aisée. Tout d'abord, ces coûts varient considérablement d'une région à l'autre en raison des différences qui caractérisent la productivité et les coûts de la production de la canne à sucre. Ensuite, les coûts de la canne à sucre sont un élément déterminant des coûts de l'éthanol. La plupart des études réalisées sur l'éthanol brésilien ont estimé que les coûts de production de la canne à sucre s'élevaient à 10 USD par tonne, ce qui situe les coûts de production de l'éthanol aux environs de 0.10 USD par litre. Toutefois, une étude récemment menée par le bureau d'études IDEA, spécialiste des questions touchant à la production de la canne à sucre, a montré que si l'on admet un taux de conversion de 85 litres par tonne, les coûts de production atteignent 15.70 USD par tonne pour la canne à sucre – soit 0.18 USD par litre pour l'éthanol.

Il faut également tenir compte des coûts d'opportunité de la canne à sucre en tant que matière première. Le cours de la canne à sucre varie en fonction des conditions du marché du sucre et de l'éthanol. Actuellement, le prix de la canne à sucre dans l'État de Sao Paulo se situe aux environs de 23 USD par tonne, ce qui donne 0.27 USD par litre d'éthanol (voir Figure 3). La plupart des unités de production étant intégrées verticalement, ce type de structure est généralement pris comme base de référence dans les études portant sur les coûts de l'éthanol. Or, les producteurs d'éthanol organisent le plus souvent leur approvisionnement en canne à sucre de la manière suivante : un tiers de la canne à sucre est cultivée sur des terres qui leur appartiennent ; un tiers est cultivée sur des terres affermées ; et un tiers est achetée à des planteurs. Par conséquent, l'augmentation du cours de la canne à sucre entraîne une hausse des fermages. Un autre élément doit également être pris en considération : 77 pour cent des unités de production brésiliennes d'éthanol produisent également du sucre (Souto, 2006). Puisqu'elles peuvent se tourner vers la production de sucre, il serait judicieux de prendre en considération la valeur de la canne à sucre, plutôt que son coût de production.

Figure 3. Canne à sucre – prix du marché en USD/tonne



Source : Unica.

Sur la base des données recueillies par Unicamp (2006) à propos des coûts d'investissement et d'exploitation d'un projet standard, nous avons estimé les coûts de production qu'une nouvelle unité de production brésilienne d'éthanol aurait à supporter. Nos calculs visaient à déterminer un prix d'indifférence, c'est-à-dire un prix minimum de l'éthanol qui soit attrayant pour de nouveaux investisseurs. Nous avons tenu compte à la fois des coûts d'investissement et des coûts d'opportunité de la canne à sucre⁵. Le projet standard considéré présente les caractéristiques suivantes : i) une unité de production d'éthanol d'une capacité de transformation de 2 millions de tonnes de canne à sucre par an ; ii) un taux de conversion de 85 litres par tonne ; iii) la production de 40 kWh d'électricité par tonne de canne à sucre. Le Tableau 1 présente les coûts d'investissement de ce projet. Les dépenses d'investissement se rapportant à la production de canne à sucre ne comprennent pas de coûts d'acquisition des terres, car nous sommes partis du principe que les producteurs d'éthanol louent les terres qu'ils exploitent ou confient la production de la canne à sucre à des sous-traitants. Ces dépenses ne couvrent donc que l'achat des biens d'équipement nécessaires pour aider les exploitants à planter et à récolter la canne à sucre⁶. Les coûts d'exploitation et d'entretien sont estimés à 0.07 USD par litre d'éthanol (IDEA, 2007).

Bien que le prix du marché de la canne à sucre se situe actuellement aux alentours de 23 USD par tonne, nous avons considéré que l'estimation des coûts de production moyens obtenue pour le Brésil (soit 17.7 USD par tonne) pouvait être utilisée pour calculer les coûts de production de la canne à sucre que de nouvelles unités de production d'éthanol auraient à supporter. Ces projets sont

généralement situés dans des régions où les coûts d'opportunité de la canne à sucre sont moins élevés, de sorte que la plupart des nouvelles usines se concentrent sur la production d'éthanol. Enfin, nous avons estimé les coûts d'investissement en fonction des éléments suivants : un taux de rentabilité interne de 12 pour cent ; un ratio d'endettement de 50 pour cent avec un taux d'intérêt de 8 pour cent ; et la vente de l'électricité excédentaire au prix de 57 USD par MWh. Les coûts d'investissement qui ont été calculés sur la base de ces hypothèses s'élèvent à 0.13 USD par litre. Selon nos estimations, les coûts de production moyens que de nouvelles unités de production d'éthanol brésiliennes devraient supporter s'élèvent à 0.37 USD par litre. Nous pouvons en conclure qu'à l'heure actuelle, l'éthanol brésilien est compétitif par rapport au pétrole dont le cours se situerait à 42 USD par baril.

Tableau 1. **Coûts de production à supporter par une usine d'éthanol standard au Brésil**

Productivité de la canne à sucre	71.5 t/ha
Consommation de canne à sucre	2,000,000 t/an
Journées de récolte	167
Productivité de l'éthanol	85 litres par tonne
Production d'éthanol	170,170,000 litres par an
Production d'électricité excédentaire	40 kWh/tonne de canne à sucre
Coûts d'investissement dans l'unité de production	97 millions d'USD
Coûts d'investissement liés à la production de canne à sucre	36 millions d'USD
Coûts d'exploitation et d'entretien	0.07 USD
Coûts de la canne à sucre	0.17 USD
Coûts d'investissement	0.13 USD
Coûts totaux	0.37 USD

Source : Unicamp (2005) et auteur.

Actuellement, les usines produisent presque toute l'énergie dont elles ont besoin grâce à des centrales thermiques à cogénération fonctionnant à la bagasse. Chaque tonne de canne à sucre produit 280 kg de bagasse, dont 90 pour cent servent de combustible pour la production de chaleur et d'électricité⁷. Chaque tonne de canne à sucre produit également quelque 160 kg de paille. À l'heure actuelle, cette partie de la biomasse produite n'est cependant pas valorisée.

Le recours à des technologies plus efficaces a permis aux centrales thermiques à cogénération⁸ de vendre l'électricité excédentaire sur le marché. Lors du dernier appel d'offres organisé par les autorités brésiliennes pour la fourniture d'électricité, 119 MW d'électricité produite à partir de bagasse a ainsi été vendue. Elle sera fournie à partir de 2009⁹ (CCEE, 2006).

L'évolution des coûts de l'éthanol dépendra principalement des gains de productivité et des innovations technologiques. S'agissant du premier point, il est peu probable que des gains d'efficacité importants soient réalisés dans le secteur de la transformation de la canne à sucre, où le taux de conversion, qui est actuellement de 85 pour cent environ, devrait passer à 90 pour cent en 2015 (Unicamp, 2006). C'est au stade de la production de la canne à sucre que les gains de productivité les plus importants pourraient être obtenus : le volume produit devrait passer de 70 tonnes/ha actuellement

à 96 tonnes/ha en 2025. La qualité de la canne à sucre devrait également s'améliorer, puisque la teneur en sucrose devrait passer de 14.5 pour cent à 17.3 pour cent en 2025. Ces gains de productivité, considérés dans leur ensemble, pourraient faire passer la production d'éthanol de 6,000 litres/ha actuellement à 10,400 litres/ha en 2025.

Le second point est lié au développement de l'hydrolyse. Cette technique, qui permet de produire de l'éthanol à partir de résidus de biomasse (bagasse et paille de canne à sucre), peut contribuer à réduire les coûts de production de l'éthanol. Les avancées technologiques récentes permettent de produire environ 100 litres d'éthanol par tonne de bagasse. Selon Macedo et Nogueira (2005), la conversion de 50 pour cent de la paille en éthanol au moyen de procédés hydrolytiques de pointe permettrait à l'unité de production d'accroître ses revenus de 30 pour cent. Actuellement, la paille de canne à sucre est brûlée sur champ avant la récolte. Grâce à l'amélioration des techniques de récolte, il devrait être possible de récupérer 40 pour cent à 50 pour cent de la paille produite d'une manière économiquement rentable (Macedo et Nogueira, 2005).

La combinaison de ces deux facteurs devrait accroître la productivité totale de l'éthanol de 55 pour cent en 2015 et de 130 pour cent en 2025 (voir Tableau 2). Si l'on se base sur ce dernier chiffre, il devrait être possible de faire passer la production d'éthanol de 17 milliards de litres à 100 milliards de litres en augmentant simplement la superficie plantée en canne à sucre destinée à la production d'éthanol, c'est-à-dire en la portant de 3 millions d'hectares à 7.2 millions d'hectares.

Tableau 2. **Impact de l'hydrolyse sur la productivité de l'éthanol (Hydrolyse de la bagasse et de la paille)**

Type de technologie	2005		2015		2025	
	l/tonne de canne à sucre	l/ha	l/tonne de canne à sucre	l/ha	l/tonne de canne à sucre	l/ha
Conventionnelle	85	6 000	100	8 200	109	10 400
Hydrolyse	---	----	14	1 100	37	3 500
Total	85	6 000	114	9 300	146	13 900

Source : Unicamp (2006).

Le recours à des techniques de production d'électricité plus perfectionnées – telles que des turbogénérateurs à condensation avec extraction de vapeur et gazéification de la bagasse et de la paille ou des turbines à gaz fonctionnant en cycle combiné – devrait permettre de produire de 100 à 150 kWh/tonne d'électricité excédentaire. Ces techniques sont déjà commercialisées et leur utilisation devrait porter la production d'électricité excédentaire à 200-300 kWh par tonne de canne à sucre. Si l'on part du principe que 140 kWh d'électricité par tonne de canne à sucre seront vendus et si l'on tient compte du tarif actuel de l'électricité au Brésil (150 BRL par MWh), les producteurs d'éthanol pourraient accroître leurs recettes de 25 pour cent.

1.1.2. Comparaison entre l'éthanol brésilien et l'éthanol produit dans d'autres pays

L'éthanol brésilien a la réputation d'être le moins cher au monde. Toutes les études comparatives sur les coûts de l'éthanol indiquent que le Brésil est le pays le plus compétitif car il dispose de matières premières peu onéreuses. Outre que la canne à sucre brésilienne est la plus productive, cette culture ne nécessite pratiquement pas d'irrigation. En ce qui concerne le coût des différentes matières premières, F. O. Lichts (2004) (voir Tableau 3) a estimé que le coût de la canne à sucre était compris

entre 0.10 et 0.12 USD par litre d'éthanol, tandis que le coût de la betterave ou du maïs se situait entre 0.20 et 0.35 USD par litre d'éthanol (les coûts d'opportunité n'étant pas pris en considération)¹⁰. Ces estimations montrent que d'autres éléments de coûts, comme le travail et les biens d'équipement, sont également moins onéreux au Brésil qu'en Europe ou aux États-Unis.

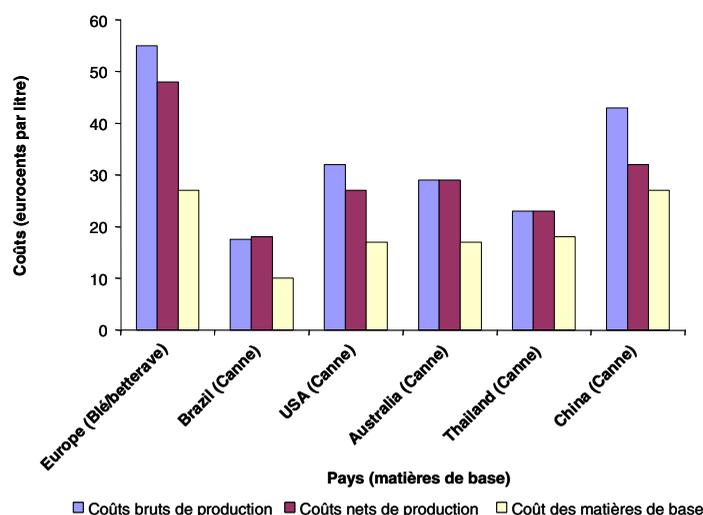
Tableau 3. Estimation des coûts de production de l'éthanol dans différents pays

	États-Unis	Allemagne		Brésil
	Maïs (euro/hl)	Blé (euro/hl)	Betterave (euro/hl)	Canne à sucre (euro/hl)
Bâtiments	0.39	0.82	0.82	0.21
Biens d'équipement	3.40	5.30	5.30	1.15
Travail	2.83	1.40	1.40	0.52
Assurances, taxes et autres	0.61	1.02	1.02	0.48
Matières premières	20.93	27.75	35.10	9.80
Autres coûts d'exploitation	11.31	18.68	15.93	2.32
Coûts de production totaux	39.48	54.96	59.57	14.48
Vente de produits dérivés	-6.71	-6.80	-7.20	-
Subventions versées par l'État fédéral et les États	7.93	-	-	-
Coûts de production nets	24.84	48.16	52.37	14.48

Source : F.O.LICHTS (2004).

Dans une autre étude, F. O. LICHTS a comparé les coûts de production de l'éthanol dans différents pays/régions et a montré que l'éthanol brésilien était le moins onéreux (Figure 4).

Figure 4. Coûts de production de l'éthanol sans considération des subventions



Source : HENNIGES, O. et ZEDDIES, J. (2006).

Toutefois, ces études présentent deux problèmes majeurs. Tout d'abord, les coûts d'opportunité de la production de canne à sucre y sont sous-estimés. Ensuite, la logistique et le transport ne sont pas pris en considération. À cet égard, il convient de noter que la canne à sucre ne peut être entreposée et que la production d'éthanol se limite à la saison de récolte. Il serait donc judicieux de prévoir d'importantes capacités de stockage, ce qui augmenterait considérablement le coût de l'éthanol produit.

1.1.3. *Subventions directes et indirectes en faveur de l'éthanol*

La production d'éthanol était fortement subventionnée durant les années 1980. Ces aides, qui se présentaient sous forme de prêts et de mesures de soutien des prix, ont totalisé quelque 16 milliards d'USD (en dollars 2005) durant la période comprise entre 1979 et le milieu des années 1990, époque à laquelle les subventions ont été progressivement supprimées (Bear Stearns, 2006)¹¹. À l'heure actuelle, aucune subvention directe n'est octroyée à la production d'éthanol.

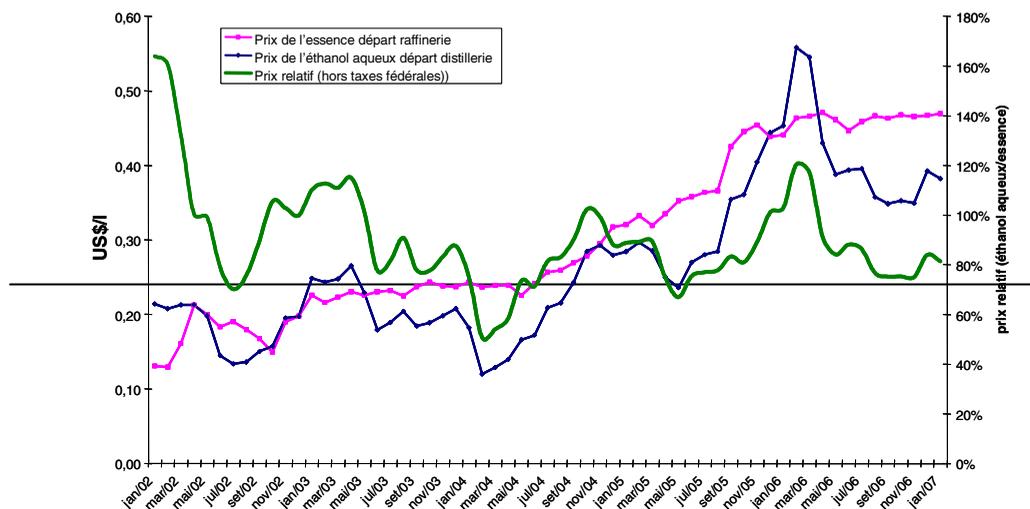
Toutefois, l'éthanol bénéficie toujours de deux formes d'exonérations fiscales. La première se rapporte à la différence entre les taxes fédérales perçues sur le prix départ raffinerie de l'essence et sur le prix départ usine de l'éthanol hydraté. Ces taxes fédérales comprennent les droits d'accises (CIDE) et les cotisations sociales. Tout d'abord, l'éthanol est exonéré des droits d'accises depuis 2004. Ensuite, le montant des cotisations sociales est plus élevé pour l'essence que pour l'éthanol. Le montant total des taxes fédérales s'élève à 0.26 USD par litre pour l'essence, alors qu'il n'est que de 0.01 USD par litre pour l'éthanol. La seconde forme d'exonération fiscale a trait à la différence entre la TVA prélevée sur l'essence et la TVA prélevée sur l'éthanol dans les différents États.

Pour évaluer l'impact des exonérations fiscales sur le mécanisme de l'offre et de la demande de l'éthanol, nous avons établi une comparaison entre le prix départ usine hors taxes de l'éthanol et le prix départ raffinerie hors taxes de l'essence (Figure 5). Les prix à la pompe varient également en fonction d'autres éléments, tels que le pourcentage d'éthanol anhydre contenu dans l'essence, la TVA prélevée sur les différents types de carburants, les coûts de transport et la marge de distribution. Néanmoins, nous pouvons penser que si le montant des taxes prélevées sur l'éthanol, tant au niveau fédéral qu'au niveau des États, était identique à celui des taxes perçues sur l'essence, on retrouverait au niveau du consommateur final un écart entre les prix similaire à celui observé au niveau du producteur.

Une comparaison entre les prix dans l'État de São Paulo, principal producteur d'éthanol, montre que le prix de l'éthanol est rarement inférieur à 70 pour cent du prix de l'essence. En 2006, l'éthanol était plus cher que l'essence, même en termes absolus.

Outre les taxes fédérales, les carburants sont également soumis à la TVA, dont le taux est fixé par les États. L'allégement fiscal pour l'éthanol varie considérablement d'un État à l'autre. Il atteint son montant maximal dans l'État de São Paulo, où les taxes représentent 47 pour cent du prix à la pompe pour l'essence, par rapport à 22 pour cent pour l'éthanol. Dans l'État de Rio de Janeiro, l'allégement fiscal en faveur de l'éthanol est nettement moins élevé : les taxes représentent 50 pour cent du prix à la pompe pour l'essence, contre 36 pour cent pour l'éthanol (Cavalcanti, 2006). Selon nos estimations, le montant total des incitations fiscales en faveur de l'éthanol s'élève à 977 millions d'USD par an.

Figure 5. Comparaison entre les prix hors taxes de l'éthanol et de l'essence



Source : auteur, à partir de données de la National Petroleum Agency.

1.2. Performances environnementales de l'éthanol

Plusieurs études (De Oliveira *et al.*, 2005 ; Macedo et Leal, 2002, Macedo *et al.*, 2003, entre autres) ont estimé la réduction potentielle des émissions de gaz à effet de serre (GES) induite par l'utilisation d'éthanol en se basant sur la durée de vie du produit¹². Les résultats obtenus sont extrêmement variables, ce qui s'explique par le recours à des méthodologies d'évaluation différentes. Toutes les études montrent cependant que l'éthanol de canne à sucre est le plus susceptible de contribuer à réduire les émissions de GES. En effet, il peut les réduire de plus de 80 pour cent, alors que le pourcentage obtenu pour l'éthanol tiré d'autres matières premières ne dépasse pas 50 pour cent dans le meilleur des cas.

Il est intéressant de relever que si aucun combustible fossile n'était utilisé pour produire des biocarburants, leur consommation n'entraînerait aucune augmentation des émissions de CO₂, puisque celui-ci serait capturé par un accroissement supplémentaire de la biomasse. Macedo *et al.* (2004) estiment que chaque MJ de combustible fossile utilisé pour cultiver, récolter et transformer la canne à sucre permet de produire 8.3 à 10.2 MJ d'éthanol, voire 12 MJ dans le meilleur des cas¹³. La valeur couramment admise pour l'éthanol de maïs produit aux États-Unis est de 1.34¹⁴, tandis que le bilan énergétique de l'éthanol tiré du blé ou de la betterave est estimé à 2.

La Rovere (2004) montre qu'en 1991-1992, les combustibles fossiles utilisés pour produire de l'éthanol ont entraîné l'émission de 1.2 millions de tonnes de carbone. Toutefois, l'éthanol et la bagasse qui ont été produits et qui ont remplacé l'essence dans les transports et le mazout dans la production d'électricité ont empêché l'émission de 10.6 millions de tonnes de carbone, ce qui correspond à une valeur de valeur de 94.5 millions d'USD. Macedo (1997), qui a effectué une analyse

similaire en tenant compte des émissions imputables au brûlage de la canne à sucre avant la récolte, a obtenu une réduction de 12.7 millions de tonnes de carbone, soit une valeur de 120.74 millions d'USD par an¹⁵.

Le bilan énergétique de la production d'éthanol de canne à sucre que proposent De Oliveira *et al.* (2005) est plus pessimiste. Les principales différences entre les travaux de Macedo (2004) et de De Oliveira *et al.* (2005) se situent au niveau des hypothèses retenues en ce qui concerne le taux de production d'éthanol à l'hectare et le type d'engrais utilisé. Macedo part du principe que des résidus de distillation, appelés vinasses, sont utilisés comme engrais, tandis que De Oliveira se base sur des quantités bien supérieures d'engrais chimiques. Dans le cas de figure le plus pessimiste, De Oliveira *et al.* (2005) obtiennent un ratio intrants/extrants de 3.14. L'analyse basée sur le cycle de vie effectuée par De Oliveira montre que la contribution nette de l'industrie de l'éthanol aux émissions de CO₂ est de 3.12 tonnes d'équivalent- CO₂ par ha.

Les études sur les émissions de GES qui ont été effectuées pour l'éthanol de canne à sucre ne tiennent généralement pas compte des émissions liées au brûlage de la paille avant la récolte. Cela s'explique par le fait que les émissions de CO₂ qui en résultent sont à nouveau capturées par la croissance de la canne à sucre. Toutefois, Neto (2005) attire l'attention sur le fait que le brûlage de la paille libère également d'autres GES. D'après ses estimations, chaque tonne de canne à sucre brûlée avant la récolte produirait 12 kg de CO₂.

1.2.1. *Éthanol, déboisement et émissions de GES au Brésil*

Le Brésil est responsable de 3 pour cent des émissions de GES de la planète. Le déboisement de la région amazonienne est à l'origine de 75 pour cent de ces émissions de CO₂, tandis que la consommation de combustibles fossiles y contribue à hauteur de 23 pour cent (Neto, 2005).

À première vue, il est difficile d'établir un lien direct entre le développement de la production de canne à sucre et le déboisement du territoire brésilien. Les plantations de canne à sucre sont situées dans les régions du Sud-Est et du Nord-Est, loin du Nord où se trouve la forêt amazonienne (voir Figure 6). Les principales activités économiques qui entraînent le déboisement de l'Amazonie sont la prospection forestière et l'élevage (Nepstad *et al.*, 2006).

Actuellement, environ 20 pour cent du bétail brésilien est élevé dans le Nord. Dans cette région, la superficie consacrée à l'élevage a triplé entre 1990 et 2005, et le nombre de têtes de bétail est passé de 13 millions à 41 millions au cours de cette période. Si nous partons du principe que la productivité moyenne de l'élevage brésilien est de 0.9 tête par hectare, nous pouvons estimer que l'élevage a détruit à lui seul environ 30 millions d'hectares de forêt amazonienne entre 1990 et 2005¹⁶.

Ces dernières années, la culture du soja contribue également, bien qu'indirectement, au déboisement de l'Amazonie. Selon Morton (2006), la superficie couverte par les cultures intensives mécanisées (principalement la culture du soja) dans la région amazonienne du Brésil a augmenté de 3.6 millions d'hectares entre 2001 et 2004. Ce développement de la culture du soja a entraîné une hausse des prix fonciers, de sorte que les éleveurs vendent leurs terres, qui seront reconverties à la culture du soja. Ensuite, ils réinvestissent généralement leur capital dans des parcelles forestières, où ils font de la prospection et brûlent des terres qu'ils destinent à l'élevage.

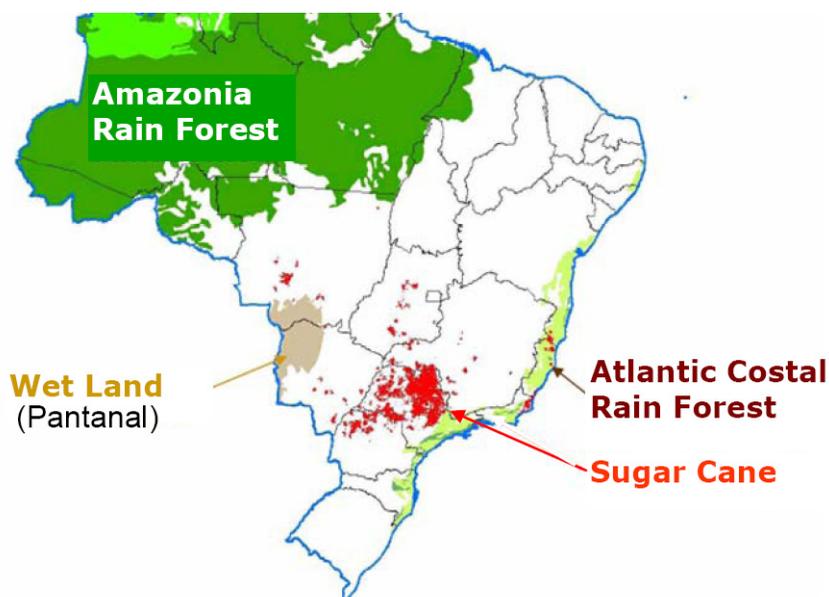
Ce processus se caractérise par une dynamique particulière qui semble totalement étrangère à l'expansion de la canne à sucre. Premièrement, le développement de l'élevage au Brésil est lié à l'existence de terres peu onéreuses et disponibles. Les coûts liés à la préparation des terres à l'élevage sont nettement moins élevés que pour d'autres types d'activités agricoles. L'existence de terres peu onéreuses est le principal élément à l'origine du développement de cette activité extensive.

Deuxièmement, la canne à sucre s'est développée en se substituant à d'autres cultures et activités traditionnelles (orange¹⁷, haricot et élevage, par exemple), principalement dans l'État de Sao Paulo, mais également, quoique dans une moindre mesure, dans les États de Minas Gerais et de Parana. La canne à sucre s'est également développée en remplaçant l'élevage dans la savane brésilienne (qui occupe la partie centrale du Brésil). Troisièmement, la production d'éthanol nécessite l'existence d'une infrastructure de stockage et de transport adéquate. Celle-ci est très limitée dans les régions proches de la forêt amazonienne.

Le lien entre l'expansion de la canne à sucre dans le Sud du pays et le déboisement de la région amazonienne reste un thème de recherche à explorer. Les études qui ont été réalisées sur le déboisement de la forêt amazonienne sont axées sur les facteurs directs de déboisement (exploitation forestière, élevage et soja). Pour promouvoir les exportations d'éthanol brésilien, il faudra également analyser les répercussions potentielles de la canne à sucre sur le déboisement. De telles études font actuellement défaut, de sorte que les organisations environnementales des pays de l'OCDE s'interrogent sur ses avantages pour l'environnement.

Le déboisement du territoire brésilien est loin d'être imputable à des lacunes sur le plan de la législation ou des pratiques professionnelles. En fait, le Brésil s'est doté d'une réglementation très moderne en matière d'utilisation des terres et de déboisement, mais les pouvoirs publics peinent à faire respecter la loi, de sorte que les performances environnementales de ce pays restent médiocres.

Figure 6. **Emplacement des plantations de canne à sucre au Brésil**



Source : Guerreiro (2006).

Le Brésil est l'un des rares pays du monde à disposer encore de vastes superficies susceptibles d'être affectées à des activités agricoles. C'est le cinquième plus grand pays du monde, avec une superficie totale de 851 millions d'hectares. La forêt humide amazonienne et les zones protégées occupent 47 pour cent de la superficie. Environ 31 pour cent du territoire (soit 275 millions d'hectares) sont affectés à l'agriculture. La grande majorité de ces terres (78 pour cent) sont des pâturages. Abstraction faite des zones urbaines, environ 10 pour cent du territoire brésilien, soit environ 90 millions d'hectares, peut encore être affecté à des activités agricoles. Selon le Ministère brésilien de l'Agriculture, 22 millions d'hectares de terres peuvent encore être affectés à la culture de la canne à sucre. Cette surface représente 3.5 fois la superficie actuellement consacrée à cette culture.

Selon M. da Silva, ingénieur agronome au service d'Embrapa (Entreprise brésilienne de recherche agronomique) et spécialiste de la gestion des terres, 30 pour cent des terres brésiliennes affectées à l'élevage (soit 63 millions d'ha) sont dégradées et peu productives – le chargement est d'environ 0,5 tête par ha. Cela signifie que l'expansion de la canne à sucre sur des pâturages dégradés pourrait engendrer un bilan du carbone positif. En effet, la biomasse verte des pâturages dégradés est inférieure à celle des plantations de canne à sucre qui viendraient s'y substituer. En outre, le développement de la canne à sucre peut aller de pair avec un accroissement de productivité de l'élevage. Cette évolution devrait faire l'objet d'une analyse plus détaillée, visant notamment à en quantifier les répercussions.

1.2.2. Répercussions de l'éthanol sur l'environnement local

La préservation des ressources en eau est un problème majeur au Brésil. Dans le passé, la production de sucre et d'éthanol a entraîné des rejets de résidus acides de distillation (vinasse) dans les cours d'eau. Cette pratique a été interdite et il est désormais courant de neutraliser la vinasse avec du citron, puis de l'utiliser comme engrais dans les plantations de canne à sucre. Cette pratique a permis de réduire les quantités d'engrais minéraux utilisées, qui sont stables depuis les années 1970 (Macedo et Nogueira, 2005).

Bien que la canne à sucre brésilienne soit généralement cultivée sans irrigation, les procédés de production consomment de l'eau. Walter (2007) estime que les nouvelles réglementations et les innovations technologiques favorisent la réduction des prélèvements d'eau. Dans les usines de São Paulo, les quantités d'eau consommées pour produire de l'éthanol ont été ramenées de 5.6 m³/t de canne à sucre durant les années 1990 à 1.83 m³/t en 2005. Selon Walter, les nouvelles technologies auront d'autres effets bénéfiques : le recyclage et la réutilisation de l'eau permettront de limiter ces prélèvements à moins de 1 m³/t et ramèneront les taux de rejet d'effluents à un niveau proche de zéro.

En règle générale, les producteurs d'éthanol ne paient aucune redevance pour l'eau qu'ils utilisent dans le processus de production. La réglementation concernant les redevances d'eau applicables aux utilisateurs ruraux est nouvelle et son application n'est pas encore généralisée. En fait, chaque bassin hydrographique doit constituer un comité chargé de tarifier l'eau en fonction de ses coûts d'opportunité. Dans les États de Sao Paulo et de Rio de Janeiro, les comités des bassins hydrographiques ont fixé le prix de l'eau non traitée prélevée dans les principaux cours d'eau à environ 0.01 BRL par mètre cube. Si ce tarif était appliqué à toutes les sucreries brésiliennes, le coût total de l'eau s'élèverait à quelque 4.5 millions d'USD par an. Les coûts de l'eau supportés par une usine représentative se monteraient à environ 40,000 USD par an. Une tarification a également été instaurée pour les rejets d'eau polluée : la redevance à acquitter est comprise entre 0.07 BRL et 0.1 BRL par kilo. Il est donc moins onéreux de traiter les eaux usées avant de les rejeter.

Les herbicides utilisés dans la culture de la canne à sucre ont également des répercussions sur l'environnement. Ici aussi, le développement de nouvelles variétés de canne à sucre plus résistantes aux ravageurs a permis de limiter le recours aux herbicides. Actuellement, les quantités d'herbicides utilisées sont d'environ 4.6 kg par hectare de canne à sucre. La recherche agronomique a largement contribué à la lutte contre les ravageurs en développant des variétés de canne à sucre plus résistantes. Il importe de relever que les restrictions imposées en matière de brûlage avant la récolte de la canne à sucre sont une source de préoccupations sur le plan de la lutte contre les ravageurs. Le brûlage annuel de la paille participait à la lutte contre les ravageurs et les répercussions que la mécanisation des récoltes pourrait avoir sur la résistance des ravageurs sont encore incertaines.

Actuellement, les principales répercussions de la production d'éthanol sur l'environnement local sont liées à la pratique du brûlage avant la récolte. La plupart des usines récoltent encore la canne à sucre à la main et brûlent la paille avant la récolte pour accroître la productivité¹⁸. Le brûlage des plantations produit de grandes concentrations de fumées et de particules dans les zones urbaines avoisinantes (voir Tableau 4).

Tableau 4. Émissions induites par le brûlage de la paille avant la récolte

Type d'émission	Grammes par kg de paille sèche	Kg/tonne de canne à sucre	Milliers de tonnes par an*
CH4	0.41	0.05	15
CO	25.48	3.19	917 280
NOx	1.4	0.18	50 400
SO2	0.62	0.08	22 320
Particules	5.60	0.7	201 600
Particules 10	5.4	0.69	194 400
Particules 2,5	5	0.63	180 000
N2O	0.12	0.015	4 320

* Si l'on part du principe que le volume de production est de 360 millions de tonnes de canne à sucre.

Source : Neto (2005).

À la suite des pressions exercées par des groupes locaux opposés au brûlage de la canne à sucre, l'État de Sao Paulo a adopté une nouvelle réglementation. La loi de l'État de Sao Paulo n° 11.241 de 2002 a instauré un calendrier d'introduction progressive de la récolte mécanisée. Ce calendrier varie en fonction des caractéristiques des terres concernées. En terrain plat, toutes les récoltes devront être mécanisées en 2021 au plus tard. Ailleurs, ce délai a été fixé à 2031. Les producteurs devront accroître la superficie des zones mécanisées de 20 pour cent tous les 5 ans. Actuellement, environ 35 pour cent des récoltes effectuées dans l'État de São Paulo sont déjà mécanisées. Ce pourcentage est d'environ 30 pour cent pour la région Centre-Sud. Le taux de mécanisation reste cependant très faible dans le Nord-Est.

L'éthanol a eu un impact bénéfique sur la pollution locale. L'incorporation d'éthanol dans l'essence a permis de supprimer le plomb contenu dans l'essence, d'éliminer 100 pour cent des particules d'oxyde de soufre et de carbone et de réduire de 20 pour cent environ les émissions de monoxyde de carbone. Selon Nogueira et Macedo (2005), la réduction des émissions locales a permis d'éviter un coût social d'environ 500 millions d'USD par an.

1.3. Dimension sociale

Au Brésil, les répercussions sociales de la production d'éthanol sont l'un des principaux éléments qui incitent les pouvoirs publics à soutenir ce secteur. Selon les estimations, 700 000 emplois directs et 200 000 emplois indirects ont été créés dans l'industrie de l'éthanol (La Rovere, 2004 et Macedo et Nogueira, 2005).

Ces chiffres masquent l'existence de problèmes importants sur le plan de la qualité des emplois créés, qui se concentrent pour la plupart dans le domaine de la plantation et de la récolte de la canne à sucre. Ces emplois sont de qualité médiocre car ils comportent des activités insalubres (récolte manuelle). La culture de la canne à sucre pose également un autre problème, qui est lié au caractère saisonnier de la production. Une grande partie des ouvriers qui récoltent la canne à sucre ne travaillent que 7 mois par an. Les salaires des ouvriers sont liés à leur rendement, exprimé en tonnes par jour. Pour accroître au maximum leur rémunération, certains ouvriers accumulent de très longues journées de travail (10 à 15 heures par jour), durant lesquelles ils récoltent jusqu'à 30 tonnes par jour. La chaleur durant la saison de récolte, ainsi que le brûlage de la paille¹⁹, provoquent également des problèmes de santé.

Le Ministère du Travail a renforcé la réglementation sur les conditions de travail, qui restent un sujet de controverse, même si elles se sont considérablement améliorées au cours des dernières décennies. Selon les associations représentatives des producteurs, 92 pour cent des ouvriers de São Paulo ont conclu un contrat de travail, alors que la moyenne est de 46 pour cent pour l'ensemble du Brésil²⁰. On peut considérer que les ouvriers de l'industrie de la canne à sucre sont bien rémunérés par rapport à d'autres types d'activités nécessitant un niveau de qualifications comparable, car leur salaire est supérieur de plus de 85 pour cent à celui des ouvriers ruraux du pays (Macedo et Nogueira (2005)).

La mécanisation progressive des récoltes devrait entraîner une amélioration des conditions de travail. La productivité et le salaire moyens augmenteront. L'intensité de main-d'œuvre dans le secteur de l'éthanol devrait toutefois diminuer, ce qui aura des répercussions sur le taux de chômage. Une augmentation de 20 pour cent de la productivité de la canne à sucre récoltée manuellement ou mécaniquement, conjuguée à un taux de mécanisation de 50 pour cent dans le Nord-Est et de 80 pour cent dans le Centre-Sud, devraient entraîner la suppression de 290,000 emplois. Cette baisse pourrait être compensée par le développement du secteur : chaque fois que la production de canne à sucre augmentera de 100 millions de tonnes, 125,000 emplois directs et 136,000 emplois indirects seront créés (Macedo et Nogueira, 2005).

1.4. Le Brésil en tant qu'exportateur mondial d'éthanol

Le rôle du Brésil sur le marché mondial de l'éthanol dépendra de l'évolution de trois facteurs : i) la production d'éthanol brésilien ; ii) la demande d'éthanol sur le marché intérieur ; iii) le développement d'un marché mondial de l'éthanol.

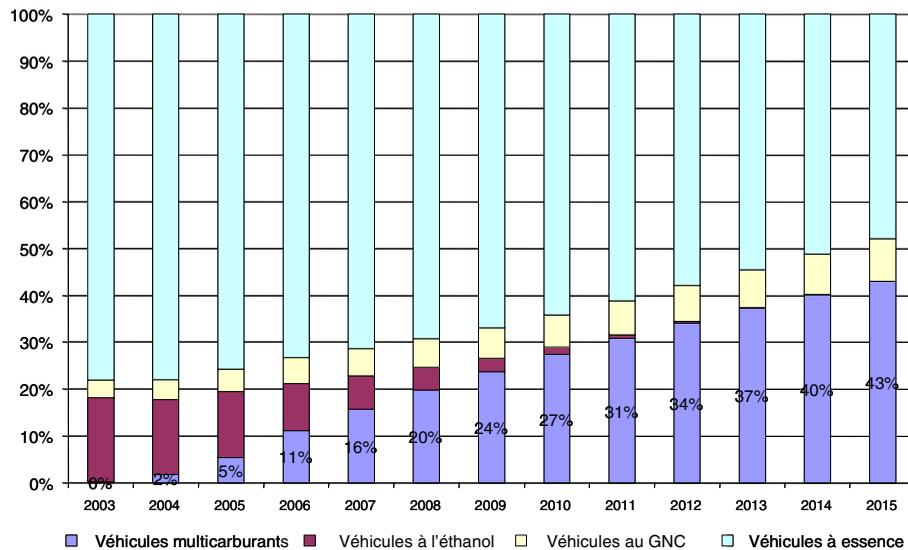
L'Université de Campinas a estimé que si l'éthanol venait à remplacer 5 pour cent de la demande totale d'essence d'ici à 2025, il faudrait 1.2 milliards de tonnes de canne à sucre pour produire 104.5 milliards de litres d'éthanol. Cette étude montre que si l'on se base sur les niveaux de productivité les plus élevés à l'heure actuelle, la superficie requise s'élèverait à 21.5 millions d'hectares, soit 7 fois la superficie actuellement couverte par la canne à sucre destinée à la production d'éthanol (Unicamp, 2006). Pour atteindre cet objectif, le montant total des investissements nécessaires s'élèverait à 4 milliards d'USD par an. Cette croissance de la production d'éthanol générerait 50 TWh par an d'électricité, soit 15 pour cent de la production totale d'électricité du pays en 2005. En outre, l'industrie de l'éthanol créerait à elle seule environ 5 millions d'emplois directs et indirects et les exportations d'éthanol atteindraient une valeur de 31 milliards d'USD. Ce potentiel de production attire de nouveaux investissements. Environ 25 nouvelles unités de production seront mises en service en 2007 et quelque 90 projets de construction ont été annoncés pour la période comprise entre 2008 et 2014.

Nous avons estimé la production d'éthanol au Brésil en nous basant sur un scénario de production de canne à sucre élaboré par une association représentative des producteurs (UNICA). Selon ce scénario, le Brésil devrait atteindre un volume de production de canne à sucre de 570 millions de tonnes en 2010 et de 731 millions de tonnes en 2015. Nous sommes partis du principe que 60 pour cent de la canne à sucre seraient affectés à la production d'éthanol. Ce pourcentage supérieur à celui observé actuellement se justifie par le fait que la plupart des usines en cours de construction ou dont la création est prévue sont consacrées à l'éthanol. Nous avons également présumé que la productivité du secteur augmenterait par rapport à la valeur actuelle, qui est de 80 l/tonne, et passerait à 90 l/tonne²¹. Nous avons estimé que la production d'éthanol devrait atteindre 39 milliards de litres en 2015. Bien que les projections à moyen terme de la production d'éthanol au Brésil aillent globalement dans le même sens, il subsiste des incertitudes quant au volume d'exportation que ce pays sera en mesure d'atteindre. Les exportations brésiliennes dépendront également de l'évolution de la consommation d'éthanol sur le marché intérieur.

À cet égard, les véhicules polycarburants sont à l'origine de la moitié de la consommation intérieure d'éthanol. Celle-ci varie en fonction de la compétitivité de l'éthanol par rapport à l'essence. Par conséquent, pour estimer la demande intérieure d'éthanol, nous devons analyser l'évolution des ventes de véhicules polycarburants au Brésil et examiner différents scénarios en ce qui concerne le prix de l'éthanol et de l'essence.

Nous avons estimé l'évolution de la flotte de véhicules polycarburants au Brésil en nous basant sur les données disponibles en ce qui concerne la flotte actuelle, l'estimation des ventes et les performances des véhicules. Nous sommes partis du principe que les véhicules polycarburants représenteront 75 pour cent de l'ensemble des parts de marché du secteur automobile entre 2007 et 2015. Nous avons également supposé que la flotte roulant exclusivement à l'éthanol, qui représente actuellement 13 pour cent de la flotte de véhicules légers²², disparaîtra progressivement puisqu'elle est déjà ancienne (9 ans en moyenne). Enfin, nous avons supposé que la flotte des véhicules GNC continuera de croître durant la période considérée à un taux annuel de 10 pour cent, pourcentage inférieur au taux de croissance annuel réel de 25 pour cent. La composition future de la flotte nationale de véhicules légers est présentée à la Figure 7.

Figure 7. Évolution de la composition de la flotte des véhicules légers au Brésil

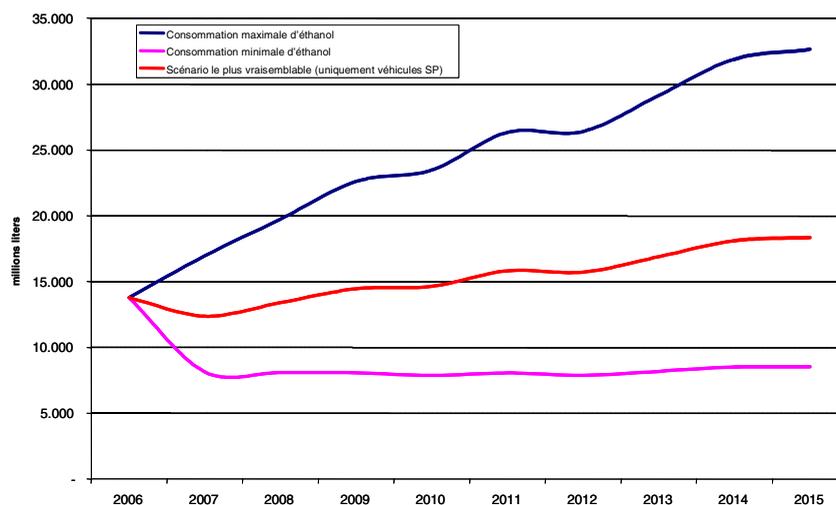


Source : auteur, à partir de données provenant de Denatran et Sindipeças (2006).

Après avoir estimé l'évolution de la flotte de véhicules polycarburants au Brésil, nous avons pu estimer la quantité d'éthanol potentiellement consommée par cette flotte. Meyer (2001) considère que les nouveaux véhicules au Brésil parcourent en moyenne 22,000 km par an, alors que les véhicules âgés de 10 ans parcourent 13,000 km par an. Enfin, nous sommes partis du principe qu'un véhicule roulant à l'éthanol avait une performance de 7 km/l.

Nous avons envisagé trois scénarios de consommation de l'éthanol au Brésil. Dans le premier, nous sommes partis du principe que le prix de l'éthanol au Brésil serait attrayant (c'est-à-dire qu'il serait inférieur à 70 pour cent du prix de l'essence) et que l'ensemble des véhicules polycarburants brésiliens rouleraient exclusivement à l'éthanol durant la période 2007-2015. Dans le deuxième, nous avons présumé que le prix de l'éthanol ne serait pas intéressant pour les véhicules polycarburants et que ceux-ci rouleraient tous à l'essence entre 2007 et 2015. Bien entendu, il s'agit de scénarios extrêmes, qui sont tous deux très improbables. Dans le troisième, nous avons tenté de définir la demande intérieure d'éthanol à un niveau intermédiaire et plus vraisemblable. Nous sommes partis du principe qu'une partie de la flotte de véhicules polycarburants consommerait de l'éthanol, bien que le prix de l'éthanol sur le marché mondial soit généralement supérieur à 70 pour cent du prix de l'essence²³. Nous avons considéré que des incitations fiscales feraient baisser le prix de l'éthanol en-deçà de 70 pour cent du prix de l'essence dans l'État de Sao Paulo. Compte tenu de l'importance croissante de la flotte de véhicules polycarburants au Brésil, l'estimation de la demande d'éthanol en 2015 pourraient varier entre 8.5 et 32 milliards de litres (Figure 8).

Figure 8. Scénarios relatifs à la demande d'éthanol pour le Brésil

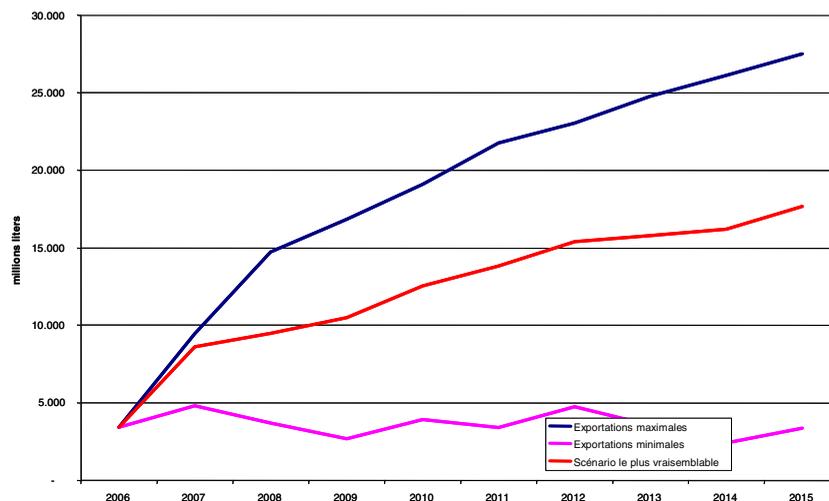


Source : auteur.

Sao Paulo – SP

Cette fourchette de la demande révèle à quel point les exportations d'éthanol brésilien pourraient varier en fonction de l'évolution des prix relatifs de l'essence et de l'éthanol. Comme le montre la Figure 9, les exportations brésiliennes peuvent varier entre 3.3 et 27 milliards de litres par an. Notre analyse fait apparaître que si le rapport entre le prix de l'éthanol et le prix de l'essence reste inférieur à 70 pour cent, aucun accroissement des exportations ne pourra intervenir avant 2015, parce que la demande intérieure augmentera rapidement à la suite du développement des véhicules polycarburants. Toutefois, il nous semble plus probable que les exportations d'éthanol brésilien suivront l'évolution prévue dans le scénario intermédiaire et atteindront 17 milliards de litres en 2015.

Figure 9. Scénarios relatifs aux exportations d'éthanol pour le Brésil



Source : auteur.

Connaître le volume d'éthanol que le Brésil sera en mesure d'exporter vers le reste du monde n'apporte qu'une partie de la réponse. Bien que le Brésil produise l'éthanol le moins cher de la planète, le rôle joué par ce pays dans le développement du marché mondial de l'éthanol n'est pas établi avec certitude. Actuellement, les politiques en faveur des biocarburants en Europe et aux États-Unis mettent l'accent sur l'expansion de la production intérieure. Les échanges internationaux d'éthanol restent confrontés à des obstacles importants : i) la forte concentration des capacités d'exportation au Brésil soulève des questions de sécurité d'approvisionnement ; ii) les barrières commerciales et les subventions à la production nationale en Europe et aux États-Unis freinent également le développement d'un marché mondial ; iii) des doutes/préoccupations ont été exprimés concernant les répercussions de l'éthanol brésilien sur l'environnement.

En ce qui concerne le marché mondial de l'éthanol, le Brésil est pratiquement le seul pays à exporter un volume important vers des pays de l'OCDE. En dépit des droits à l'importation imposés par certains des plus grands consommateurs potentiels d'éthanol brésilien (les États-Unis, l'Union Européenne), nous estimons que la demande mondiale d'éthanol brésilien s'envolera du fait des préoccupations liées à l'environnement et du renforcement de la législation environnementale. Les preuves de plus en plus nombreuses du changement climatique imposent des objectifs contraignants aux marchés des biocarburants.

La plupart des pays qui imposent des objectifs en matière de consommation de carburants disposent d'un potentiel réduit ou insuffisant de production de biocarburants. Le Japon, par exemple, s'efforce de conclure un accord avec le Brésil pour faire de celui-ci son principal fournisseur d'éthanol. L'Inde et la Chine, l'Union Européenne et les États-Unis éprouveront sans doute des difficultés à produire les quantités d'éthanol nécessaires pour se conformer aux niveaux obligatoires de demande cible.

Enfin, le processus de certification environnementale sera une condition préalable indispensable au développement des exportations d'éthanol brésilien. Étant donné que l'importation de ce produit est essentiellement motivée par la volonté de respecter l'environnement, les importateurs doivent avoir l'assurance que la production d'éthanol brésilien n'a pas de répercussions environnementales et sociales importantes (déboisement et mauvaises conditions de travail, par exemple). De nombreuses études devront encore être réalisées pour pouvoir soutenir l'organisation du marché et mettre au point un processus de certification.

2. PERFORMANCES DU BIODIESEL BRÉSILIEN

La hausse du prix du pétrole et le développement de technologies liées au biodiesel en Europe et aux États-Unis ont suscité l'intérêt du Brésil à l'égard de ce produit. En 2004, le Gouvernement brésilien a mis en œuvre le Programme national pour la production et l'utilisation du biodiesel (NPPUB). En ce qui concerne le gazole vendu au secteur des transports, le Parlement a voté en 2005 la loi 11.097 rendant obligatoire l'incorporation de biodiesel dans le gazole à hauteur de 2 pour cent en 2008 et de 5 pour cent en 2013. Pour garantir le respect de cette norme, le Brésil devra produire 1 milliard de litres en 2008 et 2.4 milliards de litres en 2013.

Le programme national en faveur du biodiesel répond à deux impératifs politiques : la diversification des sources d'approvisionnement en carburant et le développement social. Le Gouvernement entend créer 200 000 emplois nouveaux grâce à des mesures incitant les petits producteurs à produire du biodiesel. Le décret 5297 a instauré le certificat « carburant social » : seuls les producteurs en possession de ce certificat peuvent vendre du biodiesel au Gouvernement en bénéficiant de certains avantages, tels que des exonérations fiscales ou des prêts à conditions préférentielles de la BNDES (Banque nationale de développement) et du PRONAF (Programme national en faveur de l'agriculture familiale) (PNPB, 2007).

En 2005, Petrobras a annoncé la mise au point d'un nouveau processus de raffinage permettant de produire du gazole à partir de matières premières renouvelables. Ce processus, baptisé « H-Bio », consiste à ajouter de l'huile végétale dans l'unité d'hydrotraitement et à traiter ensemble l'huile végétale et l'huile minérale. L'huile végétale améliore la qualité du gazole. Ce processus présente un double avantage : l'huile végétale peut être traitée dans les raffineries existantes et le Brésil peut réduire ses quantités de gazole importé.

Actuellement, le Brésil compte 14 usines de biodiesel d'une capacité de production de 600 000 tonnes/an. Le gazole B2 est distribué dans 2 000 pompes à essence et des initiatives locales prévoyant l'utilisation de gazole B30 (contenant 30 pour cent de biodiesel) dans les parcs d'autobus sont en cours d'élaboration. Environ 60 projets de construction de nouvelles unités de production de biodiesel ont été annoncés. Le Gouvernement et les opérateurs privés espèrent que la production de biodiesel atteindra un niveau de performance technologique et économique comparable à celui de la production d'éthanol.

2.1. Performances économiques du biodiesel

Le biodiesel peut être obtenu par un procédé appelé transestérification, qui consiste à faire réagir de l'huile végétale ou animale avec un alcool (le plus souvent du méthanol) en présence d'une base. Cette technique a été commercialisée pour la première fois en Europe, où le biodiesel est principalement produit à partir d'huile de colza. Au Brésil, un large éventail de matières premières sont envisagées pour produire de l'huile : le soja, la palme, le tournesol, le ricin, le jatropha, l'arachide, la graine de coton, le suif, etc.

Au Brésil, la configuration de l'unité de production de biodiesel ne varie pas en fonction de la matière première utilisée. La technique utilisée dans une usine peut être spécifiquement adaptée à une matière première ou fonctionner avec plusieurs types d'huiles (technologie souple). Le processus de production peut être continu ou discontinu. L'alcool utilisé peut être du méthanol ou de l'éthanol. La capacité de production efficiente n'est pas établie avec certitude. À l'heure actuelle, une unité de production d'une capacité de 100,000 tonnes par an peut être considérée comme supérieure à la taille habituelle des usines brésiliennes. Aux États-Unis, il n'est cependant pas rare de rencontrer des usines d'une capacité de 200 000 à 300 000 tonnes/an, et Chevron a annoncé la construction d'une unité de 400 000 tonnes/an. Nous pouvons également constater la présence de différents types d'investisseurs dans ce segment : des entreprises du secteur de l'énergie, des producteurs de soja, des producteurs de viande, des investisseurs indépendants, des groupes financiers, etc.

La diversité technologique et économique du segment du biodiesel témoigne de la jeunesse de cette industrie. On peut affirmer que le secteur brésilien du biodiesel vient à peine de voir le jour. Plusieurs options sont envisagées en vue de dégager un concept technologique dominant qui permettrait au secteur de réduire ses coûts. L'analyse des performances actuelles du biodiesel au Brésil n'est donc pas nécessairement révélatrice de son potentiel de développement.

L'analyse des coûts de production du biodiesel est basée sur deux éléments : le ratio coût/prix des matières premières et le coût de transformation de la biomasse. En principe, les coûts de transformation varient en fonction de la technologie utilisée. Actuellement, l'huile végétale représente environ 80 pour cent des coûts de production du biodiesel. Dans le processus de transestérification, les coûts d'investissement ne représentent que 25 pour cent environ. Par conséquent, le défi à relever aujourd'hui dans ce secteur est de réduire le coût de production de la biomasse.

2.1.1. Mécanisme de l'offre et de la demande des matières premières du biodiesel

Le programme brésilien en faveur du biodiesel se distingue nettement des initiatives mises en œuvre en Europe et aux États-Unis dans la mesure où il permet l'utilisation de différentes matières premières et prévoit notamment la mise au point de matières premières nouvelles susceptibles d'être produites sur des terres qui ne sont pas affectées à des cultures vivrières. Les principales cultures oléagineuses que l'on trouve aujourd'hui au Brésil sont le soja, le ricin, le palmier à huile et le jatropha. L'huile d'origine animale (suif) figure également en bonne place. Dans ce contexte, l'interchangeabilité des matières premières végétales est considérée comme un facteur de compétitivité majeur.

Du fait de sa grande disponibilité, le soja est la matière première utilisée pour produire la plus grande partie du biodiesel brésilien. Le Brésil est l'un des principaux producteurs de soja, avec un volume de production total de 51 millions de tonnes en 2005. Grâce à la recherche agronomique, la productivité du soja est passée de 1 700 tonnes/hectare en 1990 à 2 200 tonnes/hectare en 2005²⁴. Vu cet accroissement de productivité, le soja est considéré comme la matière première la moins onéreuse

pour la production de biodiesel brésilien (Barros *et al.*, 2006). Toutefois, l'huile n'est pas le principal produit de la transformation de ce végétal, de sorte que son prix sur le marché mondial varie en fonction de la demande pour d'autres usages.

Dans le cadre du programme brésilien en faveur du biodiesel, l'huile de ricin a été considérée comme la matière première la plus intéressante, principalement parce qu'elle est assez simple à produire. Le ricin peut être cultivé sur des terres de qualité médiocre (caractérisées par de faibles niveaux de pluviosité et de fertilité), ce qui en fait une culture intéressante pour les exploitations familiales situées dans la région sèche du Nord-Est (qui est la plus pauvre du Brésil). Ce projet s'est révélé trop optimiste, car plusieurs éléments font obstacle à la production à grande échelle du ricin.

En raison de la faiblesse des niveaux de production et de l'absence d'études agronomiques, la productivité du ricin brésilien est faible par rapport à celle observée dans d'autres pays. La productivité de l'Inde, par exemple, est 1.5 fois supérieure à celle du Brésil. La production de ricin brésilien est très instable : environ 168,000 tonnes/an ont été produites en 2005. Le cours mondial de l'huile de ricin est un autre obstacle de taille à la production de biodiesel tiré de cette matière première. Celle-ci est utilisée comme lubrifiant dans l'industrie automobile et aéronautique et comme intrant dans l'industrie chimique. Le cours actuel de l'huile de ricin sur le marché mondial est supérieur au prix du biodiesel. En avril 2007, par exemple, le prix de l'huile de ricin au Brésil s'élevait à 2.85 BRL par litre, tandis que le prix du biodiesel fixé dans le cadre d'enchères publiques était de 1.75 BRL par litre.

Des études agronomiques devront être réalisées pour déterminer comment exploiter l'huile de ricin en vue de produire du biodiesel à grande échelle. Si l'on obtient un accroissement sensible de la productivité, le prix du ricin pourra baisser à mesure que la production se développe. Actuellement, la demande d'huile de ricin sur le marché mondial peut être qualifiée de modeste (800 000 tonnes). Par ailleurs, certains producteurs de biodiesel éprouvent des difficultés pour transformer l'huile de ricin à l'aide des procédés actuellement utilisés dans les unités de production, qui ont été mis au point pour l'huile de colza ou de soja. Certains problèmes techniques liés à la viscosité de l'huile de ricin pourraient empêcher l'incorporation de plus de 2 pour cent de biodiesel dans le gazole.

Le marché mondial de l'huile de palme est aussi vaste que celui de l'huile de soja, dans la mesure où ce produit est largement utilisé dans l'industrie agro-alimentaire, surtout en Asie. Actuellement, la production mondiale d'huile de palme s'élève à environ 25 millions de tonnes. À l'échelle mondiale, le Brésil est un petit producteur et consommateur d'huile de palme (0.5 pour cent). Du fait de son climat et de la qualité de ses terres, ce pays dispose toutefois d'un potentiel important. Selon les estimations, le coût de production de l'huile de palme au Brésil se situe dans une fourchette de 200 à 230 USD par tonne, tandis que le cours mondial de l'huile est d'environ 600 USD par tonne. Macedo et Nogueira (2005) estiment que la région amazonienne du Brésil compte environ 70 millions d'hectares de terres qui pourraient se prêter à la culture du palmier. Environ 40 pour cent de cette superficie est particulièrement propice à cette culture. La plantation des palmiers et la récolte des palmes sont des activités à forte intensité de main-d'œuvre et qui pourraient avoir des répercussions sociales importantes.

Le Brésil a déjà commencé à produire, à titre expérimental, du biodiesel tiré d'huile de palme. Dans le cadre du projet Agropalma, le biodiesel est produit à partir d'huile de palme achetée à de petits exploitants du Nord du Brésil. Cette initiative a permis la création de 3 000 emplois directs sur 33 000 hectares de palmeraies. Des recherches agronomiques devront cependant être menées en vue d'assurer la production à grande échelle d'huile de palme.

Le jatropha est un arbre de la même famille que le ricin, qui ne fait pas encore l'objet d'une exploitation commerciale. L'Institut brésilien de recherche agronomique (EMBRAPA) a lancé un projet expérimental de plantation de jatrophas dans des régions sèches. Les résultats obtenus à ce jour sont excellents. Cette plante peu exigeante en termes d'eau ou de qualité des terres présente une bonne teneur en huile (30 pour cent à 40 pour cent). L'un de ses principaux avantages est son faible coût de production. Elle peut continuer à produire pendant 40 ans sans devoir être replantée. À titre de comparaison, le ricin, par exemple, doit être replanté tous les deux ans. Au Brésil, le jatropha est donc considéré comme la matière première de demain pour la production de biodiesel.

Enfin, le Brésil est le premier producteur mondial de viande, de sorte qu'il dispose d'importantes quantités de suif pouvant être affectées à la production de biodiesel. Le Brésil produit environ 1 million de tonnes de suif par an. Ce volume suffirait à produire suffisamment de biodiesel pour satisfaire aux normes légales relatives au biodiesel B2. Ce produit est également affecté à d'autres usages, comme la production de savon. Certains petits producteurs de biodiesel utilisent le suif comme matière première. Un projet a été mis en œuvre en vue de produire du biodiesel de suif au rythme de 100 000 tonnes par an (Frigorifico Bertin). La perspective d'une utilisation croissante de ce produit dans la production de biodiesel a rapidement fait monter son prix, qui est passé de 550 BRL/t en février 2006 à 1.100 BRL/t en janvier 2007. Cette hausse risque de se répercuter sur le mécanisme de l'offre et de la demande du biodiesel tiré de cette matière première.

Le Tableau 5 donne une vue d'ensemble des principales caractéristiques économiques des différentes matières premières pouvant être utilisées pour produire du biodiesel au Brésil. La productivité de l'huile de palme est 8 à 10 fois supérieure à celle des autres matières premières envisageables. Le Brésil dispose d'un potentiel considérable qui lui permettrait de produire plusieurs types de palmiers à huile. Vu le manque de savoir-faire agronomique, rares sont toutefois les projets mis en œuvre dans ce domaine.

Tableau 5. **Caractéristiques économiques des principales matières premières utilisées pour produire du biodiesel au Brésil**

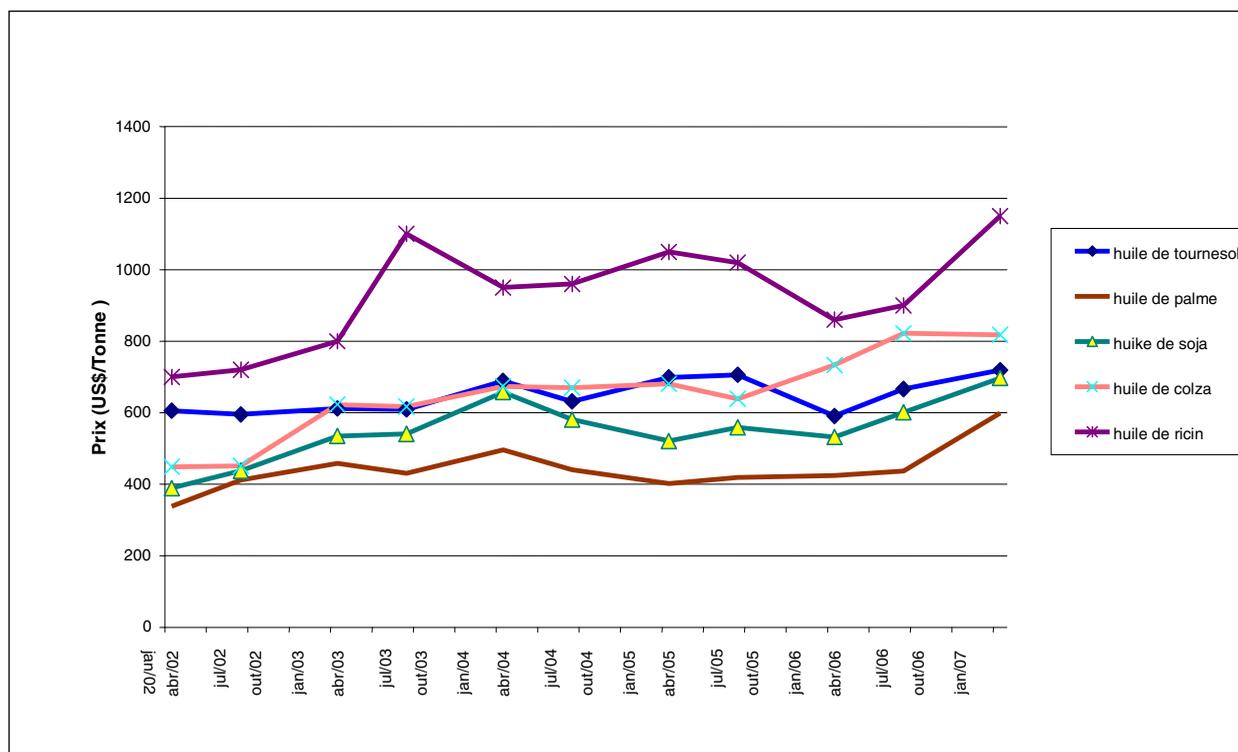
Matière première	Disponibilité actuelle	Recherche agronomique	Répercussions sociales bénéfiques	Teneur en huile*	Productivité de la biomasse (en tonnes par hectare)	Productivité de l'huile (en litres par hectare)	Production (en milliers de tonnes - 2005)
Soja	Assurée	Poussée	Limitées	20	2,230	440	51,182
Suif	Excellente	n. d.	Limitées	-	-	-	1,000
Palme	Limitée	Limitée	Importantes	20	20,000	4,000	151
Jatropha	Inexistante	Limitée	Importantes	30-40	n.a.	n.a.	0
Ricin	Limitée	Limitée	Importantes	47	730	343	168
Coton	Excellente	Poussée	Importantes	15	3,000	450	3,666
Tournesol	Limitée	Poussée	Importantes	40	1,500	630	23

Source : auteur, à partir de données provenant du Ministère de l'Agriculture - Brésil

* en pour cent du poids sec

La Figure 10 montre le cours mondial de différents types d'huiles végétales, qui correspond au coût d'opportunité de l'utilisation de cette huile dans la production de biodiesel. Actuellement, la plus grande partie de l'huile de ricin initialement destinée à la production de biodiesel brésilien est exportée.

Figure 10. Évolution du cours mondial des huiles végétales



Source : FAO - www.fao.org

2.1.2. Technique de production du biodiesel

La technique de production du biodiesel consiste à appliquer un processus catalytique – appelé transestérification – à de l'huile en utilisant du méthanol ou de l'éthanol. Pour produire 1,000 kilos de biodiesel, il faut 993 kilos d'huile végétale ou animale, 110 kilos d'éthanol (ou de méthanol) et environ 5.5 kilos de catalyseur. Outre le biodiesel, cette technique produit environ 117 kilos de glycérine (Dedini, 2006).

La diversité des matières premières disponibles au Brésil exerce une influence considérable sur les techniques de transformation mises au point dans ce pays. Alors que dans d'autres pays, la transestérification se fait à l'aide de méthanol²⁵, le Brésil s'efforce de développer de nouvelles techniques basées sur l'éthanol. En fait, le Brésil importe 50 pour cent du méthanol actuellement consommé dans le pays. Le prix élevé du gaz naturel au Brésil ne permet pas d'accroître fortement la production nationale de méthanol. Actuellement, on ne compte qu'un seul projet qui soit parvenu à produire du biodiesel par un processus de transestérification basé sur de l'éthanol.

ICIS (2006) a dénombré 58 unités de production de biodiesel dans le monde en 2005. La plupart de ces usines ont une capacité de production inférieure à 50,000 tonnes par an. Toutefois, 20 pour cent d'entre-elles ont une capacité supérieure à 100,000 tonnes. ICIS (2006) montre que la capacité de production des unités dont la construction est prévue est nettement plus importante. Sur les 170 projets de construction d'usines de biodiesel prévus dans le monde en 2006, 94 ont une capacité de plus de 100,000 tonnes par an, 23 une capacité d'environ 200,000 tonnes/an et 3 une capacité comprise entre 300,000 et 400,000 tonnes/an. Cette évolution entraîne une modification progressive du profil des investisseurs. Récemment, plusieurs grandes entreprises du secteur de l'énergie et de l'agroalimentaire ont annoncé de nouveaux projets dans le segment du biodiesel (Cargill, Bunge, Repsol, Petrobras, Sasol, Eastman, Chevron, Marathon, BP, Du Pont et Shell).

Selon Aranda (2006), la technique de production du biodiesel utilisée au Brésil permet de réaliser d'importantes économies d'échelle. Le prix basé sur un volume de production de 100,000 tonnes/an de matières premières végétales n'est supérieur que de 18 pour cent au prix basé sur un volume de 50,000 tonnes/an²⁶. Toutefois, la perspective de telles économies d'échelle ne semble pas suffire à écarter certaines incertitudes liées au coût des matières premières. La capacité de production moyenne des unités brésiliennes dont la construction est prévue est d'environ 50,000 tonnes par an. La diversité des matières premières entraîne le développement d'autres stratégies de production. Certains projets de construction ont opté pour une capacité de production de 10,000 à 20,000 tonnes par an et mettent davantage l'accent sur l'interchangeabilité des matières premières. À cet égard, les techniques de production actuellement mises au point au Brésil semblent accorder la priorité à l'interchangeabilité des matières premières, à la transestérification basée sur l'éthanol et aux processus de production discontinus.

Une piste particulièrement intéressante pour la production de gazole à base d'huile végétale est le procédé H-Bio mis au point par Petrobras. Ce processus consiste à incorporer des huiles végétales dans le processus de raffinage en vue de leur hydrotraitement. Selon Petrobras, ce procédé permet de produire du gazole de manière économiquement rentable en incorporant des huiles végétales dans les matières premières. Le procédé H-Bio ne nécessite aucun investissement supplémentaire dans la chaîne de raffinage, car les huiles végétales sont mélangées dans des chaînes déjà utilisées pour la fabrication du gazole.

Actuellement, le Brésil compte 21 unités de production de biodiesel opérationnelles, dont la capacité de production totale est estimée à 780 millions de litres par an. Parmi ces 21 unités, 5 ont été mises en service, mais ne fonctionnent pas encore. On dénombre dans le pays 63 projets de construction à des stades divers, qui représentent un investissement total de 800 millions d'USD. Si tous ces projet se concrétisent, la capacité de production de biodiesel du Brésil atteindra environ 4 milliards de litres par an en 2009. Si l'on tient compte des unités en cours de construction, la capacité de production suffit déjà pour assurer le respect de la norme de consommation de biodiesel B2 prévue pour 2008. Le Gouvernement brésilien envisage d'avancer à 2010 la date de consommation obligatoire du biodiesel B5.

2.1.3. La compétitivité du biodiesel par rapport au gazole

Étant donné que l'offre risque de ne pas pouvoir satisfaire la demande prévue pour 2008, l'Agence nationale du pétrole (ANP) a mis en place jusqu'à cette date un système d'enchères publiques en vue d'organiser le marché et de promouvoir l'investissement dans des capacités de production. Les vendeurs agréés sont des producteurs de biodiesel – ou des entreprises ayant intégré la production de biodiesel parmi leurs activités – qui sont reconnus par le Ministère du Développement agricole (MDA). Les vendeurs doivent être titulaires d'un label « carburant social » certifiant qu'une unité de production donnée achètera un pourcentage minimum de matières premières à des

exploitations familiales. Le pourcentage minimum requis est fixé à 50 pour cent pour la région du Nord-Est, à 30 pour cent pour les régions du Sud et du Sud-Est et à 10 pour cent pour les régions du Nord et du Centre-Ouest. Les acheteurs agréés sont des producteurs de gazole (raffineries nationales) et des importateurs de gazole officiels (agréés par l'ANP). Jusqu'à présent, les acheteurs sont les raffineries Petrobras (93 pour cent du volume) et REFAP (7 pour cent du volume).

L'ANP a organisé 5 enchères de biodiesel jusqu'en février 2007, dans le cadre desquelles 885 millions de litres ont été achetés. Le Gouvernement fixe un prix maximal et accepte les enchères. Le Tableau 6 donne une vue d'ensemble des résultats obtenus jusqu'à présent. Il montre que les prix ont progressivement baissé entre la première et la quatrième enchère publique du fait de l'arrivée d'un nombre de plus en plus important de nouveaux venus. La cinquième enchère publique étant axée sur les capacités existantes, la concurrence était moins grande et les prix plus élevés.

Lorsque la consommation de biodiesel B2 deviendra obligatoire, les distributeurs achèteront directement le biodiesel requis pour fabriquer le B2. Le but est d'amener le marché du biodiesel à adopter une structure identique à celle du marché de l'éthanol, où les distributeurs négocient directement avec les producteurs d'éthanol.

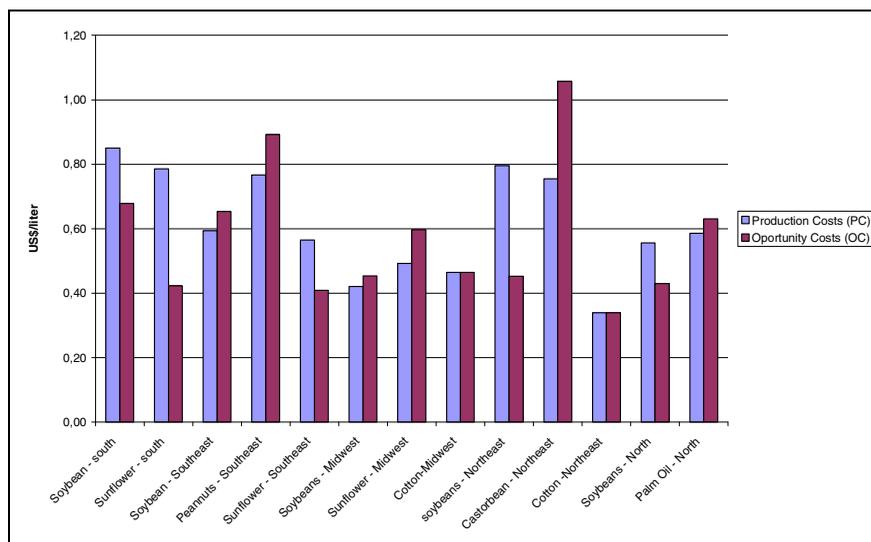
Tableau 6. **Enchères publiques de biodiesel 2005-2007**

	Vendeurs	Offre totale (10 ³ m ³)	Volume acheté (10 ³ m ³)	Prix de référence (USD/m ³)	Prix moyen* (USD/m ³)	Date de livraison De/à
1 ^{re} enchère (11/2005)	8	92	70	914.29	907.12	01/2006 à 12/2006
2 ^{ème} enchère (03/2006)	12	315	170	908.57	886.15	07/06 à 06/07
3 ^{ème} enchère (07/2006)	6	125	50	907.07	840.42	01/2007 à 12/2007
4 ^{ème} enchère	25	1,141	550	906.67	837.38	01/2007 à 12/2007
5 ^{ème} enchère 02/2007	3	50	45	906.67	887.39	Immédiate
Volume total			885		854.98	

Source : Agence nationale du pétrole (taux de change moyen : 1 USD = 2.1 BRL)

Selon le CEPEA, les coûts de production du biodiesel brésilien varient de 0.34 à 0.85 USD pour une usine d'une capacité de production de 40,000 tonnes/an. La matière première la plus compétitive est le coton dans la région du Nord-Est. La Figure 11 présente les coûts de production du biodiesel dans différentes régions du Brésil, calculés à partir des coûts de production de la matière première et du prix de l'huile végétale sur le marché.

Figure 11. Estimation des coûts de production du biodiesel en fonction du coût des matières premières et de la région - 2005 (40 000 tonnes/an)



Source : Barros *et al.* (2006).

Production costs (PC) : Coûts de production

Opportunity costs (OC) : Coûts d'opportunité

Graines de soja – Sud ; Tournesol – Sud ; Graines de soja – Sud-Est ; Arachides – Sud-Est ; Tournesol – Sud-Est ; Graines de soja – Midwest ; Tournesol – Midwest ; Coton – Midwest ; Graines de soja – Nord-Est ; Graines de ricin – Nord-Est ; Coton – Nord-Est ; Graines de soja – Nord ; Huile de palme – Nord

Comme on peut le constater, il est parfois plus intéressant d'acheter l'huile que de produire la matière première (c'est le cas du soja dans le Sud, dans le Nord-Est et dans le Nord ; c'est aussi le cas du tournesol dans le Sud et le Sud-Est). Toutefois, produire la matière première reste souvent la solution la moins onéreuse. C'est particulièrement le cas de l'huile de ricin.

Une comparaison entre les estimations des coûts de production du biodiesel et les prix aux enchères de l'ANP fait apparaître que les prix aux enchères sont supérieurs de plus de 100 pour cent aux coûts de production du biodiesel. Cet attrait entraîne une course au biodiesel et attire des investisseurs originaires du segment du soja, qui souhaitent accroître leur rentabilité sans nécessairement s'engager dans le développement à long terme du biodiesel.

2.1.5. Aides directes et indirectes au biodiesel

La production de biodiesel est fortement subventionnée au Brésil. Les principales mesures d'incitation sont les prix payés aux enchères (voir ci-dessus) et les exonérations fiscales. En ce qui concerne la première mesure, il est intéressant de noter que le prix départ raffinerie du gazole est

d'environ 0.54 USD/litre, taxes fédérales comprises, et que son prix moyen à la pompe s'élève à 0.85 USD. Le biodiesel n'est donc pas en mesure de soutenir la concurrence du gazole, même lorsqu'il est totalement exempt de taxes.

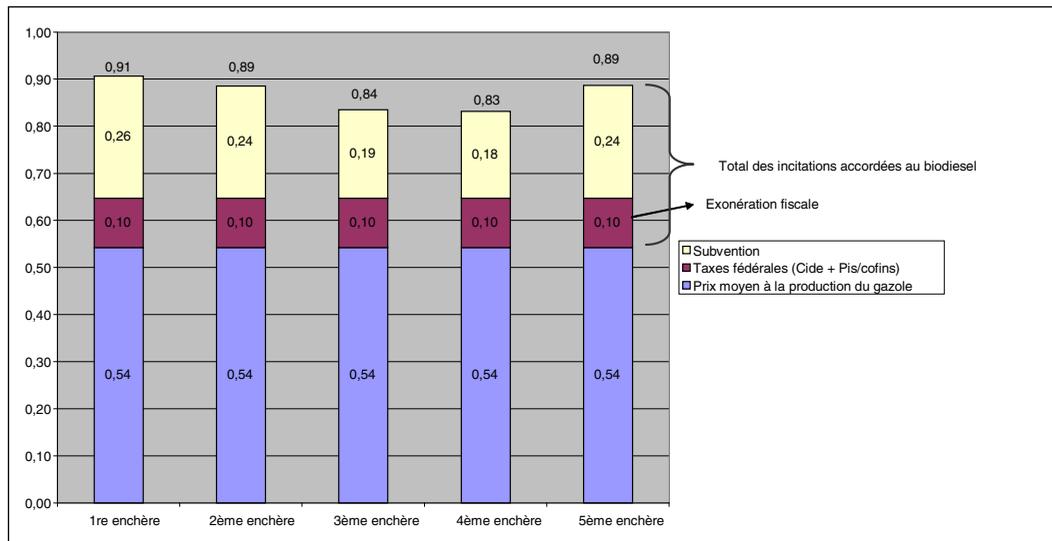
Plusieurs formes d'incitations fiscales sont proposées aux producteurs de biodiesel en vue de promouvoir le développement régional et les exploitations familiales. Les taxes fédérales appliquées au gazole comprennent les droits d'accises (CIDE) et les cotisations sociales (PIS/COFINS). Actuellement, le montant total des prélèvements fédéraux appliqués au gazole s'élève à environ 0.10 USD par litre. En règle générale, le montant des taxes fédérales prélevées sur le biodiesel est identique à celui des prélèvements effectués sur le gazole. Il existe toutefois des exceptions : i) le biodiesel produit dans le Nord et le Nord-Est (régions économiquement pauvres, mais dotées d'un potentiel agricole) à partir d'huile de ricin et d'huile de palme dans des unités de production intensives est exonéré de taxes fédérales à hauteur de 31 pour cent pour favoriser les activités économiques dans la région ; ii) le biodiesel produit sur l'ensemble du territoire à partir de matières premières cultivées dans des exploitations familiales est exonéré de taxes fédérales à hauteur de 68 pour cent.

Des incitations ont également été prévues afin de promouvoir les petites exploitations familiales : iii) le biodiesel qui est produit dans les conditions susmentionnées – c'est-à-dire le biodiesel tiré d'huile de ricin ou de palme produite dans de petites exploitations familiales situées dans le Nord, le Nord-Est ou dans des régions semi-arides (certaines villes du Sud-Est ont un climat et une structure sociale identiques à celles des zones rurales du Nord-Est, région figurant dans cette catégorie) – est totalement exonéré de taxes fédérales. Celles-ci sont prélevées au niveau de la raffinerie qui produit le biodiesel. Les producteurs doivent présenter le certificat garantissant la conformité de leur biodiesel à certaines de ces conditions.

La Figure 12 fait apparaître le prix moyen payé par les raffineries dans le cadre des enchères publiques et le prix moyen à la production du gazole hors taxes fédérales (les données se rapportent à 2006). La différence entre ces deux prix peut être considérée comme le montant total des incitations accordées aux producteurs en vue de développer le marché du biodiesel. Ces mesures se présentent en partie sous forme d'exonérations fiscales et en partie sous forme de transferts directs de revenus des raffineries vers les producteurs de biodiesel.

Si l'on exclut les exonérations fiscales, le montant total des subventions accordées aux producteurs de biodiesel s'est élevé à 180 millions d'USD dans le cadre des enchères de l'ANP. Le montant des aides accordées sous forme d'exonérations fiscales est plus difficile à estimer, car les taux d'exonération varient selon la région et le type de matière première.

Figure 12. Subventions à la production de biodiesel brésilien (en USD par litre)



Source : auteur, à partir de données provenant de l'ANP.

2.2. Performances environnementales du biodiesel

Les performances environnementales globales du biodiesel dépendent de son bilan énergétique au cours de son cycle de vie. Ce bilan énergétique varie en fonction du type, des méthodes de production et de la productivité de la matière première utilisée, ainsi que des procédés de transformation.

Rares sont les études qui ont été consacrées à l'analyse des performances environnementales du biodiesel brésilien. La plupart sont anciennes. Goldemberg (1982) a analysé le bilan énergétique du biodiesel de soja et a obtenu une valeur de 1.43. Ce chiffre ne tient pas compte de la teneur énergétique des sous-produits de la transformation vendus sur le marché agro-alimentaire (farine de soja). Or, cet élément peut influencer les résultats. Ainsi, le bilan énergétique du biodiesel de soja américain est de 3.2 [NREL (1998)]. On considère généralement qu'une valeur égale à 3 est bien représentative du bilan énergétique du biodiesel de soja.

Neto *et al.* (2004) ont analysé le bilan énergétique du biodiesel de ricin brésilien et ont obtenu une valeur comprise entre 2 et 2.9. Ils sont partis du principe que la productivité moyenne était de 1,800 kilos de ricin par hectare. Cette hypothèse est assez optimiste, puisque la productivité actuelle est inférieure à 1,000 kilos par hectare. Martins et Teixeira (1985) ont obtenu un bilan énergétique de 5.63 pour le biodiesel de palme brésilien. Plus récemment, Costa *et al.* (2005) ont également analysé le bilan énergétique du biodiesel de palme brésilien et ont obtenu une valeur plus élevée, comprise entre 7 et 10. Enfin, les estimations du bilan énergétique du biodiesel de jatropha ont donné une valeur comprise entre 5 et 6 (voir Tableau 7).

Ces chiffres peuvent être considérés comme des résultats provisoires. À la lumière des travaux réalisés à ce jour dans ce domaine, c'est le biodiesel de palme qui semble le mieux en mesure de contribuer à la réduction des émissions.

Tableau 7. **Bilan énergétique de différents types de matières premières utilisées pour produire du biodiesel**

Matière première	Bilan énergétique
Soja	1.5 – 3.2
Palmier	5 – 10
Jatropha	5-6
Graines de ricin	2-2.9
Tournesol	3

Source : auteur, à partir des travaux précités.

L'impact du biodiesel sur la réduction des émissions de CO₂ n'a pas encore fait l'objet d'études dans le contexte brésilien. AIE (2004) présente une série d'estimations des réductions d'émissions nettes de GES obtenues grâce au biodiesel de colza. Des études sur les émissions nettes de CO₂ depuis la source jusqu'à la consommation font apparaître une réduction allant de 40 pour cent à 60 pour cent. Smith (2004) a effectué une analyse basée sur le cycle de vie des émissions liées au biodiesel de soja, de colza et de suif. Il a obtenu une réduction des émissions d'environ 63 pour cent pour le biodiesel de colza et de soja et d'environ 90 pour cent pour le biodiesel de suif. Le Brésil pourrait réduire encore davantage les émissions de CO₂ en utilisant des matières premières présentant un bilan énergétique plus intéressant. Le remplacement du méthanol par de l'éthanol dans le processus de transestérification permettrait lui aussi de réduire les émissions dans une proportion considérable.

Selon La Rovere (2006), chaque litre de gazole brésilien émet environ 2.7 kg de CO₂. Si l'on part du principe que la majeure partie du biodiesel brésilien est produit à partir de soja (réduction de 60 pour cent des émissions de CO₂), le programme brésilien en faveur du biodiesel permettra d'éviter l'émission d'environ 1.3 million de tonnes de CO₂ par an en 2008 (B2) et d'environ 3.9 millions de tonnes en 2011 (B5). Toutefois, la part des autres matières premières utilisées pour produire du biodiesel est en augmentation, de sorte que l'on pourrait réduire encore davantage les émissions de CO₂.

2.2.1. Autres répercussions sur l'environnement

L'impact que la production de biodiesel pourrait avoir sur le déboisement devrait faire l'objet d'études approfondies. L'influence potentielle du ricin et du jatropha sur le déboisement est plus limitée puisque ces plantes sont cultivées dans des zones semi-arides, où le couvert forestier est devenu rare. L'objectif du programme brésilien en faveur du biodiesel est de créer une alternative économique pour ces régions économiquement défavorisées du pays.

Plusieurs variétés de palmiers sont originaires des zones humides du Brésil. Le Gouvernement a annoncé que l'objectif n'était pas de remplacer les forêts par des palmeraies, mais de développer de nouvelles cultures dans des zones déjà déboisées. Le palmier est l'une des cultures les plus controversées au monde en raison du déboisement qu'il provoque. En effet, cette plante ne peut être

cultivée que dans des zones tropicales (en Malaisie, en Indonésie, en Afrique du Sud et, désormais, au Brésil) et son expansion peut avoir des effets néfastes sur les zones écologiquement sensibles, comme les forêts tropicales. En 2004, une association baptisée « *Roundtable on Sustainable Palm Oil* » a été créée en vue de promouvoir le développement et l'utilisation d'huile de palme produite selon des méthodes respectueuses de l'environnement en instaurant une coopération au sein de la chaîne d'approvisionnement et un dialogue ouvert avec ses parties prenantes. Cette association rassemble un large éventail d'organisations, telles que le Fonds mondial pour la nature (Suisse), United Plantations (Malaisie), Marks & Spencer (Angleterre), Sainsburrys (Angleterre), Unilever (Pays-Bas) et MPOA (Malaisie). Au terme d'un débat animé, l'association est parvenue à un consensus en ce qui concerne les principes et les critères à respecter pour produire de l'huile de palme selon des méthodes respectueuses de l'environnement (RPSO, 2005). Agropalma, l'entreprise brésilienne qui produit du biodiesel à partir d'huile de palme, participe à la phase pilote de ce projet, dont les résultats seront analysés en novembre de cette année au plus tard.

Le programme en faveur du biodiesel étant une initiative récente, il n'existe pas encore d'études approfondies sur les autres problèmes environnementaux posés par la culture de plantes oléagineuses destinées à la production de biodiesel. Embrapa a lancé un projet de recherche destiné à mesurer les répercussions environnementales des cultures affectées à la production de biodiesel. Ce premier projet sera axé sur 24 producteurs de plantes oléagineuses dans deux villes : Catanduva, dans l'État de Sao Paulo, et Cassia, dans l'État de Minas Gerais. Ce projet a démarré en février 2007 et aucun résultat n'est disponible à ce jour.

Compte tenu de ce qui précède, nous avons décidé d'analyser brièvement les principaux problèmes environnementaux posés par la plante oléagineuse la plus répandue au Brésil : le soja. Nous aborderons également certaines questions environnementales liées au le coton.

2.2.2. Répercussions de la production de soja sur l'environnement local

L'expansion de la culture du soja au Brésil pose de nombreux problèmes environnementaux. Le problème majeur est le risque de déboisement. Comme indiqué précédemment, la culture du soja s'est étendue jusqu'à la limite de la forêt amazonienne. Grath et Diaz (2006) soulignent que les principales répercussions en termes de déboisement sont indirectes : les producteurs de soja préfèrent utiliser des zones qui ont déjà été déboisées en vue d'y pratiquer l'élevage, car la préparation des terres arables est alors moins coûteuse. Or, l'expansion du soja a généralement pour effet d'éparpiller les activités d'élevage à travers les zones forestières. D'autres répercussions indirectes peuvent également se produire sur le couvert forestier qui subsiste à proximité des cultures de soja. Grath et Diaz (2006) montrent que la production de soja nécessite du bois de chauffe pour sécher les grains : 0.03 m³ de bois de chauffe par tonne de soja. L'expansion de la culture du soja dans la région amazonienne étant un phénomène récent, ses répercussions environnementales devront toutefois faire l'objet d'études plus poussées.

Les travaux actuellement disponibles sur les risques potentiels se sont penchés sur l'impact environnemental observé dans la savane. Le premier type d'impact concerne l'érosion des sols et l'accumulation de sable dans les cours d'eau. Selon M. Peres Filho, de l'Institut de géosciences de l'Université de Campinas (Unicamp, 2003), l'expansion du soja dans la savane brésilienne s'est faite sur des sols non adaptés à la monoculture mécanisée. Ces sols renferment moins de 15 pour cent d'argile (ils sont principalement composés de sable de quartzite), présentent une déclivité supérieure à 2 pour cent et sont pauvres en calcium et en potassium. Dans ces régions, le remplacement de la végétation d'origine par des pâturages ou des cultures de soja accélère l'érosion des sols. Sous l'action du vent et de la pluie, des matières érodées sont déposées dans les cours d'eau et forment des bancs de sable. Ce processus d'érosion va parfois jusqu'à constituer une menace pour la nappe phréatique. La

mécanisation renforce également ce processus en comprimant le sol, ce qui ralentit la croissance des racines dans le sous-sol. En fait, Novaes (2000, apud Barreto, 2004) estime que chaque kilo de graines de soja produit entraîne en moyenne la perte de 10 kg de sol. La culture du coton provoque elle aussi une érosion importante puisqu'elle engendre 36 tonnes de matières érodées par hectare et par an (Azevedo et Aguiar, 2002).

Étant donné que la culture progresse sur des sols de plus en plus pauvres, les quantités d'engrais utilisées pour produire le soja sont plus importantes que pour d'autres cultures. Macedo (2002) compare les quantités de potassium et de phosphore utilisées pour produire de la canne à sucre et du soja. Les quantités de potassium par tonne de soja produit sont près de deux fois plus élevées que celles utilisées pour produire de la canne à sucre (805 kg/tonne pour le soja). En ce qui concerne le phosphore, ce ratio passe à 1 :3, puisque la culture de soja nécessite en moyenne 690 kg/tonne, par rapport à 202 kg/tonne pour la canne à sucre. Le soja ne nécessite pas d'apport d'azote car la plante en produit elle-même.

L'expansion d'une monoculture entraîne un appauvrissement de la biodiversité. Elle provoque également une mutation des ravageurs, qui deviennent plus résistants aux pesticides. Selon Scorza Junior (2002), une étude réalisée sur l'utilisation des pesticides dans l'État de Mato Grosso a fait apparaître que parmi les cultures pratiquées dans cet État (soja, maïs, blé, tomate et riz), c'est le soja qui nécessite les quantités les plus importantes de pesticides. Doris et Freire (2001) soulignent que dans la région du Centre-Ouest, les pesticides sont pulvérisés sur les cultures de soja durant la saison des pluies, ce qui aggrave les risques de contamination de l'eau. L'utilisation de soja génétiquement modifié permet de réduire les quantités de pesticides (principalement des herbicides) utilisées.

2.2.3. Effets environnementaux du remplacement du gazole

La mauvaise qualité de l'air dans les grandes villes brésiliennes s'explique principalement par la consommation de gazole, carburant utilisé par les camions et les autobus. La qualité du gazole brésilien reste médiocre par rapport aux normes européennes ou américaines. En Europe, les véhicules au gazole sont conformes à la norme Euro IV depuis 2005. Au Brésil, cette norme n'entrera en vigueur qu'en 2009.

EPA (2002) compare le biodiesel à 100 pour cent avec le gazole américain et montre que les émissions de particules et de monoxyde de carbone (CO) diminuent de 50 pour cent, tandis que les émissions d'hydrocarbure (HC) diminuent de 70 pour cent. Toutefois, les émissions de NOx augmentent de 10 pour cent. Petrobio (2006) a estimé les avantages potentiels de la consommation de gazole B5 dans les grandes villes brésiliennes. Il a conclu à une réduction sensible des émissions et a estimé à 75 millions d'USD les économies réalisées en matière de coûts sociaux.

2.3. Le Brésil en tant qu'exportateur mondial de biodiesel

Comme indiqué ci-dessus, les projets de construction en cours de réalisation totalisent déjà une capacité de production suffisante pour assurer le respect des normes légales relatives au B2. Actuellement, le Brésil compte environ 60 projets qui ont été annoncés, mais dont la mise en œuvre n'a pas encore commencé. Ceux-ci pourraient accroître les niveaux de capacité actuels de 3 milliards de litres, ce qui est supérieur aux capacités requises pour assurer la conformité aux normes B5 (2.4 milliards de litres).

Nous avons réalisé ces projections sur la base du scénario suivant : le Brésil consacrerait une superficie équivalente à celle déjà couverte par la canne à sucre (soit 6 millions d'hectares) à de nouvelles matières premières destinées à produire du biodiesel (ricin, palme, tournesol, jatropha), qui seraient réparties de manière égale (1.5 million d'hectares chacune). En outre, environ 20 pour cent de la production actuelle de soja serait affectée à la production de biodiesel²⁷. Sur la base de ces hypothèses, la production de biodiesel brésilien pourrait atteindre environ 11 milliards de litres par an (voir Tableau 8).

Tableau 8. **Production de biodiesel brésilien – Scénario spéculatif**

	Superficie (en millions d'hectares)	Productivité du biodiesel (en l/ha)	Production annuelle (en millions de litres)
Ricin	1.5	556	834
Palmier	1.5	3,600	5 400
Jatropha	1.5	360	540
Tournesol	1.5	937	1 405
Soja	4.4	662	2 913
Total	10.4		11 082

Source : auteur

En conclusion, le Brésil pourrait produire suffisamment de biodiesel pour satisfaire la demande intérieure actuelle, même avec un mélange B10 (environ 5 milliards de litres). Il pourrait également exporter un volume important (environ 5 milliards de litres).

Les normes européennes applicables aux biocarburants sont synonymes de vastes débouchés pour le Brésil. Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que les barrières commerciales sont loin d'être négligeables. Les spécifications du biodiesel ne permettent pas encore le développement d'un marché mondial. Comme dans le cas de l'éthanol, les programmes en faveur du biodiesel mettent l'accent sur la production nationale et ne prévoient pas la consommation de biodiesel d'importation.

NOTES

1. Les carburants commercialisés au Brésil sont les suivants : l'essence C (un mélange de 23 pour cent d'éthanol anhydre et de 77 pour cent d'essence), l'éthanol hydraté, le gazole et le B2 (un mélange de 2 pour cent de biodiesel et de 98 pour cent de gazole). Les autres carburants, tels que le GNC, le kérosène et le mazout, ne sont pas commercialisés. L'éthanol représente 13 pour cent de l'offre totale de carburants.
2. Durant la période comprise entre 1934 et 1973, le taux d'incorporation de l'éthanol dans l'essence a oscillé entre 4 pour cent et 6 pour cent (Dias Leite, 1997).
3. Ces voitures à éthanol n'étaient pas des véhicules polycarburants. En d'autres termes, elles roulaient exclusivement à l'éthanol. Il existe deux types d'éthanol: l'éthanol hydraté, qui est utilisé par les véhicules polycarburants ou les voitures à éthanol, et l'éthanol anhydre, qui est incorporé à l'essence dans des proportions variables pouvant aller jusqu'à 25 pour cent.
4. En 2006, les États-Unis ont absorbé 52 pour cent des exportations brésiliennes d'éthanol. Ce pourcentage s'est élevé à 14 pour cent pour les pays de l'OIC. Il existe deux autres destinations importantes: les Pays-Bas (port d'entrée en Europe), qui absorbent 10 pour cent des exportations d'éthanol brésilien, et la Suède, qui absorbe 6 pour cent des exportations totales.
5. La plupart des études ne tiennent pas compte des coûts d'opportunité du capital et ne prennent en considération que sa valeur d'amortissement.
6. Il est très courant que des contrats commerciaux soient conclus entre des planteurs et des unités de production d'éthanol. L'usine met à la disposition des planteurs les biens d'équipement nécessaires à la production de canne à sucre, tandis que les planteurs s'engagent sur le long terme à approvisionner les usines en canne à sucre. Ces contrats peuvent prévoir la location de terres ou la location de biens d'équipement aux planteurs, qui vendent leur canne à sucre au prix du marché.
7. Le reste est vendu en tant qu'aliment pour bétail ou est brûlé.
8. Au cours des dernières années, de plus en plus de producteurs d'éthanol ont remplacé leurs anciennes chaudières à 22 bars par d'autres systèmes ayant une pression de 60 bars. Ces mesures ont permis de porter l'efficacité thermodynamique des centrales électriques à 85 pour cent.
9. Le Brésil a récemment modifié la réglementation applicable au secteur de l'électricité. Le modèle part du principe que toutes les entreprises de distribution d'électricité doivent acheter de l'électricité dans le cadre d'appels d'offres organisés par le Gouvernement. Cette

- procédure a entraîné une réduction considérable des coûts de transaction des petits producteurs d'électricité.
10. En s'appuyant sur une comparaison entre l'éthanol de maïs américain et l'éthanol de canne à sucre brésilien, Bear Stearns (2006) montre que pour un même volume produit, l'éthanol tiré du maïs nécessite une superficie supérieure de 66 pour cent à celle requise pour l'éthanol de canne à sucre.
 11. L'impact de ces subventions sur le budget national a donné lieu à un débat politique intense au Brésil. Bien que la pratique des subventions directes ait cessé durant les années 1990, l'image des producteurs d'éthanol dans la société brésilienne reste assez négative. L'opinion publique considère généralement les producteurs d'éthanol comme des entrepreneurs privilégiés.
 12. Voir Macedo et Leal (2002).
 13. Les variations du bilan énergétique peuvent notamment s'expliquer par des différences au niveau de la productivité de la canne à sucre. Plus la productivité est élevée, moins il faut utiliser de combustible fossile pour chaque unité d'éthanol produite.
 14. AIE (2004) et Andress (2002) présentent une synthèse de tous les travaux de recherche pertinents sur le bilan énergétique de l'éthanol de maïs et montrent que les estimations des bilans énergétiques varient entre 0.73 et 1.4. Certains auteurs soutiennent que le bilan énergétique de l'éthanol est négatif (Morris, 2005 et Pimentel, 2003). Toutefois, des études récemment effectuées corroborent le chiffre de 1.4 (voir Shapouri, 2002).
 15. Nous partons du principe que le prix s'élève à 10 USD par tonne de CO₂.
 16. Affirmer que la productivité de la région amazonienne est identique à la productivité moyenne du Brésil peut être considéré comme une hypothèse prudente.
 17. Au Brésil, le développement de la culture de l'orange se heurte à des obstacles. Les États-Unis, principal marché d'exportation du jus d'orange brésilien, a imposé des droits à l'importation qui ont rendu les produits brésiliens moins compétitifs.
 18. Les feuilles de canne à sucre peuvent couper les ouvriers. Le brûlage permet également de « débarrasser » la zone des animaux dangereux et facilite la coupe et le transport de la canne à sucre.
 19. Les cendres liées au brûlage de la paille provoquent des maladies respiratoires.
 20. Les ouvriers qui ont conclu un contrat de travail bénéficient de certains avantages, tels que des congés payés, une assurance-chômage, des bons d'alimentation et une assurance-maladie.
 21. Cette hypothèse d'accroissement de la productivité est également adoptée par Unicamp (2006).
 22. Sindipeças (2006).

23. Il convient de souligner que le Brésil est le seul marché où les véhicules polycarburants sont pris en considération. La plupart des consommateurs d'éthanol utilisent un mélange d'éthanol et d'essence. On peut incorporer jusqu'à 10 pour cent d'éthanol dans de l'essence sans modifier les performances du véhicule. Sur ces marchés, la valeur de l'éthanol est donc égale à celle de l'essence. Toutefois, la consommation obligatoire d'éthanol a généralement pour effet de rendre l'éthanol plus cher que l'essence.
24. En fait, l'un des principaux apports de la recherche agronomique a été le développement de nouvelles variétés de soja pouvant être cultivées dans les zones tropicales. Jusque dans les années 1980, le soja brésilien était exclusivement cultivé dans les zones plus froides du sud du pays.
25. Le méthanol est généralement produit à partir de gaz naturel.
26. Les économies d'échelle sont nettement plus importantes que celles réalisées habituellement dans l'industrie chimique. En règle générale, il faut accroître les coûts d'investissement de 50 pour cent pour doubler la capacité de production de l'unité.
27. Ce scénario spéculatif part du principe que seule une petite partie de la production de soja pourrait être affectée de manière économiquement rentable à la production de biodiesel. La hausse de la demande de soja émanant des usines de biodiesel affecterait inévitablement le cours du soja sur le marché mondial. Nous avons donc considéré que la consommation de soja serait équivalente à 20 pour cent de la demande actuelle.

BIBLIOGRAPHIE

AIE (2004). *Biofuels for Transport : An International Perspective*. Paris.

ANDRESS, D. (2002). *Ethanol Energy Balances*. Office of Biomass Programs, Energy Efficiency and Renewable Energy, Ministère de l'Énergie des États-Unis.

AZEVEDO, A. MONTEIRO, J.(2002) Análise dos Impactos Ambientais da Atividade Agropecuária no Cerrado e suas inter-relações com os Recursos Hídricos na Região do Pantanal. Fonds mondial pour la nature. Disponible à : http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf_brasil_impactos_atividade_agropecuaria_cerrado_pantanal.pdf

BALLERINI, D. ALAZARD-TOUX. N. (2006) *Les Biocarburants États des lieux, perspectives et enjeux du développement*. Éditions Technip. Paris.

BARROS G., SILVA A., PONCHIO L., ALVES L., OSAKI M., CENAMO M. (2006), "Custos de produção do biodiesel no Brasil", estudo realizado pelo CEPEA/ESALQ/USP, *Revista de Política Agrícola*, 15, 3, 36-50.

BEAR STEARNS (2006). *Ethanol 201 : Beyond Corn*. Equity Research. New York. www.bearstearns.com

C&T Brazil (2002) "The Cost of Ethanol", http://www.mct.gov.br/clima/ingles/comunic_old/alcohol4.htm

CARVALHO, Luiz Carlos Correia. "Competitividade do Etanol Brasileiro" . Seminário : *Etanol : potencial gerador de divisas e emprego* BNDES, 25/08/2003. Rio de Janeiro. Disponible à <http://www.bndes.gov.br> .

CITYGROUP (2006). *Global overview of the biofuels value chains*. 30 novembre 2006, 144 pages.

COSTA, R. *et. al.* (2005). The Energy Balance in the Production of Palm Oil Biodiesel – Two Case Studies : Brazil and Colombia. Disponible à www.svebio.se/attachments/33/295.pdf

DE OLIVEIRA, M. ; VAUGHAN, B. ; RYKIEL Jr, E.. *Ethanol as a Fuel : Energy, Carbon Dioxide Balances and Ecological Footprint*. In Bioscience, Vol 55 No 7, July 2005

DORES, E. G. C., FREIRE, E (2001). Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de Caso : Águas usadas para consumo humano em Primavera do leste, Mato Grosso – Análise Preliminar. *Revista Química Nova*. V. 24, n. 1, 2001, p 27-36.

ECN, (2006). "Neste Oil cleans up in biofuels". *European Chemical News*, 15 mai.

EPA (2002). *A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions*. Draft Technical Reports 420-P-01-001 - Oct.

EPE (2006). *Plano Nacional de Energia 2030. Estudos da Oferta – Recursos Energéticos : Combustíveis Líquidos*. Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia. Available at <http://www.epe.gov.br/Lists/Estudos/Attachments/12/PNE-2030-CombustiveisLiquidos.pdf>

F.O.LICHTS (2004), *World Ethanol & Biofuels Report* .

FARINA, Q. and ZYLBERSZTAJN, D. (1998). "Competitividade no Agrobusiness Brasileiro : Sistema Agroindustrial da Cana-de-açúcar Sistema Agroindustrial da Soja". Research Report IPEA, PENSA, USP.

FARREL, A. PLEVIN, R. TURNER, B. JONES, A.. O'HARE, M. KAMMEN, D. (2006) *Ethanol can contribute to Energy and Environmental Goals*. Science 311, 506 . Disponible à : www.science.org

FONSECA. M. A. N. "Pesquisa de óleo vegetal como combustível em motores diesel Programa OVEG I", XIII Encontros dos Centros de Apoio Tecnológico (CAT), Secretaria de Tecnologia Industrial (STI). Brasília, 1985.

FONSECA. M. A. N. (1985) "Pesquisa de óleo vegetal como combustível em motores diesel Programa OVEG I", XIII Encontros dos Centros de Apoio Tecnológico (CAT), Secretaria de Tecnologia Industrial (STI). Brasília, 1985.

GOLDEMBERG, J *et al.* (2004). "Ethanol learning curve—the Brazilian experience". *Biomass and Bioenergy*, n. 26, 301 – 304.

GOLDEMBERG, J. (1982). *Balanco Energético da Produção de Combustíveis de Óleos Vegetais*. Instituto de Física, USP.

GOLDEMBERG, J. (1996). "The evolution of ethanol costs in Brazil". *Energy Policy*. Vol. 24, No. 12, pp. 1127-1128.

GRATH, D. DIAZ, MDC (2006). Soja na Amazônia : impactos ambientais e estratégias de mitigação. Revista Ciência e Ambiente. Disponible à : http://www.whrc.org/resources/published_literature/pdf/McGrathetalCiencaAmbien.06.pdf

GUERREIRO, A (2006). "The technological dimension of biofuels". EPE/Ministry of Mines and Energy. Présentation Powerpoint lors du séminaire *Réunion d'experts sur la participation des pays en développement aux secteurs nouveaux et dynamiques du commerce mondial – le secteur énergétique, S'adapter à la nouvelle économie de l'énergie*. Genève, CNUCED.

HENNIGES, O. et ZEDDIES, J. (2005). *World Ethanol & Biofuels Report* . Economics Of Bioethanol Production in the Asia-Pacific : Australia – Thailand – China. F.O.LICHTS.

HENNIGES, O. et ZEDDIES, J. (2006). *Bioenergy and Agriculture : Promises and Challenges*. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires. Décembre. Disponible à : http://www.ifpri.org/2020/focus/focus14/focus14_09.pdf

HIS, Stéphane (2006). *Biocarburants : exemples de développement dans le monde*. Institut Français du Pétrole. Présentation Powerpoint.

IDEA (2007). <http://www.ideaonline.com.br>. Consulté en juillet.

KOJIMA, M, et JOHNSON T. (2005). "Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries". Programme d'assistance à la gestion du secteur de l'énergie (PAGE). PNUD/BANQUE MONDIALE

KOJIMA, M, et JOHNSON T. (2006). "Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries". ESMAP Knowledge Exchange Series, n.4.

LA ROVERE, Emilio (2004). The Brazilian Ethanol Program. Powerpoint presentation at *Conférence internationale sur les énergies renouvelables*, Bonn, 1-4 juin.

LA ROVERE, Emilio (2006). "Aligning Climate Change and Sustainable Development Objectives in Brazil" Workshop *Developing Visions for a Low a Low-Carbon Society through Sustainable Development*. Tokyo, 14–16 juin.

MACEDO, I. C. NOGUEIRA, L. A. H (2005). "Biocombustíveis". *Cadernos NAE*, n. 2. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Brasília.

MACEDO, Isaias (2002). *Energia da Cana no Brasil*. Unicamp – São Paulo, 2002. Disponible à : http://www.cgu.rei.unicamp.br/energia2020/papers/paper_Macedo.pdf

MACEDO, Isaias *et al.* (2004). *Greenhouse Gas Emissions in the production and use of ethanol in Brazil* : present situation (2002). Secretaria de Meio-Ambiente do Estado de São Paulo.

MARTINS, H. et TEIXEIRA, L. C. (1985). "Balanço Energético da Produção de Óleos Vegetais Transesterificados". *III Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro.

MOREIRA, Roberto (2005). "Update of the Production and Use of Ethanol as a Fuel for Transport in Brazil". Présentation Powerpoint lors du séminaire *"Barriers and Opportunities for Biomass-Based Energy Generation in Latin America and the Caribbean"*. La Havane, Cuba.

MORRIS, D. (2005) *The Carbohydrate Economy, Biofuels and the Net Energy Debate*. Institute for Local Self-Reliance, Août 2005. Disponible à : <http://www.newrules.org/agri/netenergyresponse.pdf>

MORTON, D. *et al.* (2007). Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. PNAS Early Edition. Disponible à : www.amazonia.org.br

NASTARI, P. (2006). "Tendências Mundiais para o Uso de Etanol". Exposé au séminaire 1975–2005 / Etanol Combustível : Balanço e Perspectivas. Campinas, Brésil.

NASTARI, P. (2006). *O Setor Brasileiro de Cana-de-açúcar Perspectivas de Crescimento*. www.datagro.com.

NEPSTAD, D. *et al.* (2006). Globalização das Industrias de Soja e Gado na Amazônia : Oportunidades para Conservação. Disponible à www.amazonia.org.br

NETO, André Elia. (2003) "Geração de Energia por Biomassa : Bagasso e Palha de Cana – Impactos Atmosféricos e Balanço de Carbono". *Projeto BRA/96/G31*.

NETO, J.A. *et al.*, (2004). Energy Balance of Ester Methyl and Ethyl of castor oil plant oil. *I Brazilian Congress of Castor Oil Plant*, Campina Grande – Brésil 2004.

NIPE-UNICAMP / CTC-Copersucar (2005) . Disponible à : http://www.senternovem.nl/mmfiles/135550_tcm24-124345.pdf

NREL (1998). “Life cycle inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus”. Ministère de l’Agriculture et Ministère de l’énergie des États-Unis.

PERES FILHO, A (2003). *Estudo revela efeitos do uso inadequado do solo*. Revista da Unicamp, Août. Disponible à : http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/agosto2003/ju226pg11.html

PERES, J. R. et FREITAS JUNIOR, E. (2003). "Possibilidades de expansão da fronteira agrícola e inovações tecnológicas". Seminaire : *Etanol : potencial gerador de divisas e emprego* BNDES, 25/08/2003. Rio de Janeiro. Disponible à <http://www.bndes.gov.br>.

PETROBIO (2006) *Biodiesel : Aspectos Atuais e Viabilidade de Aplicação*. Disponible à www.petrobio.com.br

PIMENTEL D. (2003) Ethanol fuels : Energy balance, economics and environmental impacts are negative. *Natural Resources Research* 12 : 127–134.

PNPB (Programa nacional de produção e uso de biodiesel). Disponible à www.biodiesel.gov.br, 2007

RODRIGUES, Antonio de Pádua (2005). *Etanol combustível : Balanço e Perspectivas*. Única. Présentation Powerpoint.

SCOPINHO, R. *et al.* (1999). "Novas tecnologias e saúde do trabalhador : a mecanização do corte da cana de açúcar". *Cadernos de Saúde Publica do Rio de Janeiro*. Vol 15 : 147 – 161.

SCORZA JUNIOR, R. *Receituários Agronômicos : Uma importante ferramenta na análise de risco de contaminação de recursos hídricos*. Disponible à : <http://www.cpao.embrapa.br/Noticias/artigos/artigo3.html>

SHAPOURI, H., DUFFIELD, J.A. et WANG, M., (2002), “The Energy Balance of Corn Ethanol : An Update”, Ministère de l’Agriculture des États-Unis (USDA), Agricultural Economic Report No. 813.

SINDICON (2006) Notícias Sindicom. Ano 2. No 7 décembre 2006. Disponible à : www.sindicom.com.br

SOUTO, João Jose Nora (2006). "Brazil Biofuels Experience". Ministry of Mines and Energy. Présentation Powerpoint, disponible à www.c-cao.org/pdf/Brazilpourcent20Presentation.pdf

TECBIO (2006), apresentação em seminário Investimentos em Biodiesel, realizado no BNDES, em 16/03/2006, disponível em www.bndes.gov.br

TOTTI P., Biodiesel de denê, uma nova esperança, Valor Econômico, 12/04/2007

UNICAMP (2006). “A Expansão do Proalcool como Programa de Desenvolvimento Nacional”. Powerpoint presentation at *Ethanol Seminar* in BNDES.

VALOR ECONOMICO (2007). *Nova empresa criada em Oslo investirá US\$ 340 milhoes em duas usinas*. 22 mars, pg. B22.

VEIGA FILHO, A. A. (2006) Comentários sobre aspectos técnicos e políticos das queimadas de cana. Disponible à : <http://www.infobibos.com/artigos/queimadas_cana/index.htm>. Consulté le 1/2/2007.

WALTER, A. (2007). “Sustainability of Brazilian bio-ethanol”. Document présenté lors du séminaire : *LA-EU Biofuels Research Workshop*, Campinas, Brésil, 23-25 avril 2007.

WEHRMANN M., VIANNA J., DUARTE L., “Biodiesel de soja : política energética, contribuição das oleaginosas e sustentabilidade”, III Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, Brasília, 23-26/06/2006.

CERTIFICATION ENVIRONNEMENTALE DES BIOCARBURANTS

Jeremy WOODS

Rocio DIAZ-CHAVEZ

**Bioenergy Group, Centre for Environmental Policy
Faculty of Natural Sciences
Imperial College London
ROYAUME-UNI**

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	213
2. CONTEXTE ET RESSOURCES MONDIAUX	214
2.1. Émissions de gaz à effet de serre dues aux biocarburants	217
3. SYSTÈMES NATIONAUX D'ASSURANCE QUALITÉ ET DE CERTIFICATION DES BIOCARBURANTS	220
3.1. Conséquences pour le commerce international	222
4. ASSURANCE QUALITÉ ET CERTIFICATION	223
4.1. Méthodes d'assurance et d'établissement des rapports	224
4.2. Normes et principes	225
4.3. Critères et indicateurs	226
5. CONCLUSIONS	227
BIBLIOGRAPHIE	230

Londres, révision juillet 2007

1. INTRODUCTION

La bioénergie – et en particulier les biocarburants¹ – pourrait contribuer dans une large mesure à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) au niveau local ou mondial, et représenter une fraction importante des approvisionnements mondiaux en énergie primaire d'ici à 2020. Il est impossible de prévoir ce que sera exactement cette fraction, parce qu'elle dépend d'une multitude de facteurs physiques, sociaux, économiques, techniques (innovation) et environnementaux. Il s'y ajoute que l'accès à la biomasse mettra en concurrence les secteurs consommateurs de bioénergie (électricité, production de chaleur, transports) et ceux qui utilisent cette biomasse à d'autres fins, notamment l'industrie chimique qui s'en sert comme produit de départ. Par ailleurs, des synergies naîtront d'un perfectionnement des chaînes d'approvisionnement des installations de polygénération et des bioraffineries qui pourrait aider à améliorer la productivité primaire et à rationaliser l'utilisation des ressources.

L'évaluation de l'impact environnemental d'une utilisation accrue de bioénergie, notamment de biocarburants, dépend dans une large mesure du portefeuille des technologies utilisées, de l'échelle à laquelle elles le sont et du lieu d'implantation. Ce dernier est important parce que la productivité de la biomasse varie considérablement selon les caractéristiques du site, par exemple la nature des sols et les conditions climatiques, notamment les ressources en eau et la température. Si l'on prend toute une gamme d'indicateurs en compte, un biocarburant peut ne pas être le même qu'un autre, même s'ils sont chimiquement et physiquement identiques, comme c'est le cas avec l'éthanol anhydre tiré du blé, de la canne à sucre, de betteraves sucrières, du manioc ou de déchets.

L'hétérogénéité des impacts et des opportunités s'explique par le fait que la chaîne de production des matières de base, de transformation de ces matières et de distribution des biocarburants est souvent plus longue (géographiquement et techniquement parlant) et beaucoup plus complexe que les chaînes existantes ou alternatives d'approvisionnement des transports en énergie. L'incertitude plane également sur divers facteurs potentiellement importants pour l'évaluation de l'impact net de la production et de l'utilisation des biocarburants. Ces facteurs peuvent se répartir en trois catégories :

1. Complexité de la chaîne d'approvisionnement en biocarburants. Le problème peut être résolu par l'emploi de méthodes comptables plus précises.
2. Persistance de certains problèmes méthodologiques et scientifiques. La recherche est seule capable d'y remédier.
3. Hétérogénéité des préoccupations sociétales actuelles et futures et évolution des paramètres environnementaux (exemple : meilleure compréhension du cycle de l'azote) ainsi que, partant, des indicateurs et des critères qu'il faudra définir, mesurer et observer.

Dans la pratique, les chaînes existantes d'approvisionnement en biocarburants accusent des différences considérables dans leur impact sur l'environnement, c'est-à-dire sur les émissions de GES, la biodiversité, l'utilisation de l'eau, l'utilisation et les flux d'azote, la qualité de l'air et de l'eau, ainsi

que sur les aménités. Cette variabilité des impacts a incité le Royaume-Uni, les Pays-Bas et l'Allemagne à élaborer des systèmes d'assurance qualité et de certification des biocarburants. La viabilité et la validité de ces systèmes une fois assurées et certifiées, il serait possible de récompenser les différentes solutions d'approvisionnement en biocarburants (par lots, notamment) sur la base de leurs performances effectives. Un tel système constituerait un moyen à la fois souple et puissant de prise en compte des externalités, et encouragerait à adopter une démarche d'amélioration progressive de la productivité et de l'efficacité, doublée de la réduction des impacts.

L'application d'un système de certification aux biocarburants ne résout pas, malgré ces avantages, un certain nombre de questions portant essentiellement sur le niveau de détail et, partant, de réglementation nécessaire, ainsi que sur la nature et la validité des indicateurs utilisables pour démontrer la conformité à des normes environnementales minimales. Des doutes planent en outre sur la compétence et les pouvoirs des institutions qui s'occupent de par le monde de certification environnementale et sociale (principalement des denrées alimentaires et du bois), ainsi que sur leur capacité à s'occuper aussi de la production et de l'offre de biocarburants et de matières de base pour les élaborer.

L'extension rapide du marché mondial des biocarburants est à mettre en rapport avec le niveau élevé des cours actuels du pétrole et la perspective qu'ils se maintiennent à ce niveau, qui incite à prendre des mesures parfois avant même que les évaluations, le suivi et le contexte de l'action des pouvoirs publics le justifient. Il faudra créer des nouvelles institutions, imaginer des méthodologies inédites et acquérir de nouvelles connaissances scientifiques pour que les biocarburants puissent satisfaire des demandes nouvelles sans causer de dommages sociaux et environnementaux majeurs. Il est possible de configurer de tels systèmes, afin d'encourager l'innovation pour, ce faisant, gagner en efficacité, utiliser moins de ressources et atténuer les impacts. L'étude ci-après examine ces questions et évalue les systèmes nationaux et régionaux d'assurance et de certification des biocarburants.

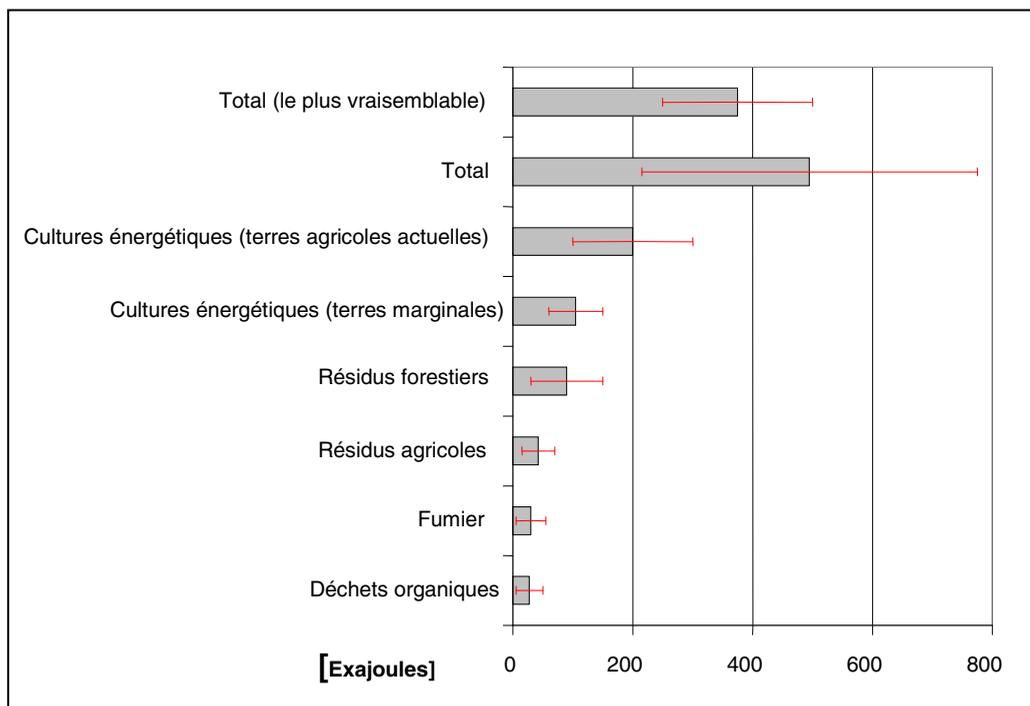
2. CONTEXTE ET RESSOURCES MONDIAUX

Dans beaucoup de pays de l'OCDE, la densité de population élevée, la forte demande d'énergie par habitant, à des fins de transport en particulier, et l'exploitation d'une grande partie des terres agricoles semblent exclure toute extension significative des superficies affectées à la culture de matières de base pour la production de biocarburants. Dans la pratique, l'utilisation des sols est toutefois dictée par son coût d'opportunité, un coût qui est lui-même fonction de la valeur marchande des produits, des règles relatives à la gestion des terres et de la politique menée par les pouvoirs publics, en matière notamment de subventionnement de certains produits. Un rapport récent de l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE, 2006) avance qu'il pourrait rester des "espaces" où produire des matières de base transformables en bioénergie, même là où la production actuelle est censée se poursuivre. Ce même rapport conclut que la biomasse pourrait couvrir de 16 à 17 pour cent de la demande européenne d'énergie en 2030 sans même enfreindre des "normes environnementales strictes".

Il est aujourd'hui de plus en plus communément admis que les ressources mondiales théoriquement utilisables pour produire de la bioénergie sont considérables et pourraient sans doute correspondre à la consommation totale mondiale actuelle d'énergie primaire (voir Figure 1 ;

Rokityanskiy *et al.*, 2006 ; AIE, 2006 ; Juergens et Mueller, 2007), même s'il est tenu compte de la production alimentaire future et des zones protégées.

Figure 1. **Ventilation du potentiel de production de bioénergie par type de biomasse à l'horizon 2050 (en EJ/an, différents scénarios)**



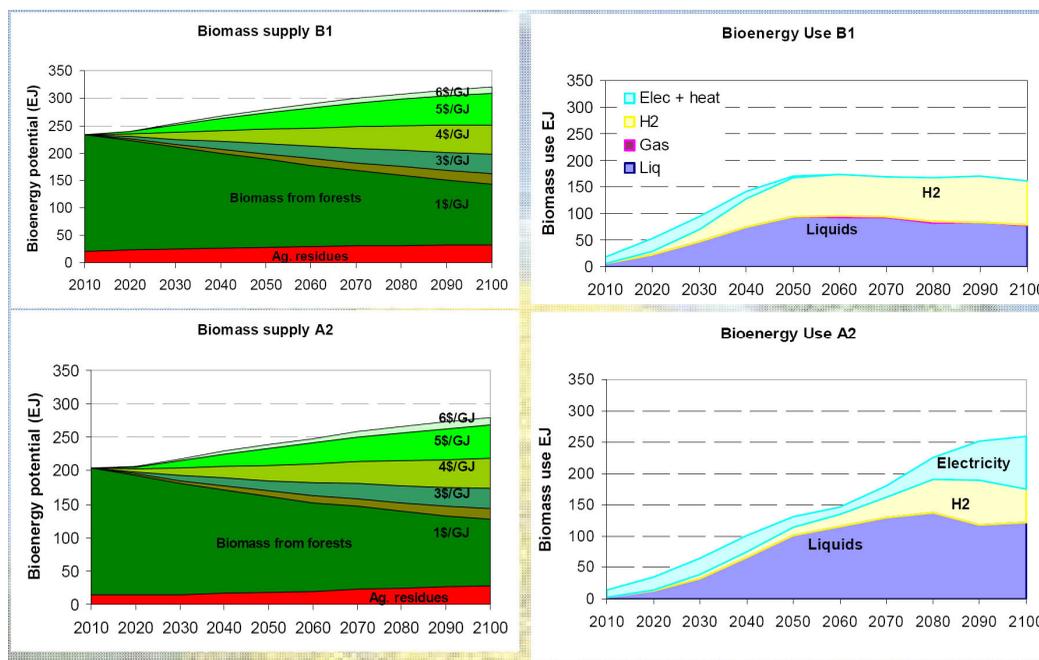
Source : Juergens et Mueller, 2007.

Une étude détaillée réalisée par l'Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués (IIASA, 2006) arrive à la conclusion que la production de biocarburants destinés aux transports pourrait consommer une fraction importante du potentiel esquissé dans la Figure 1 parce qu'il n'y a pas, du côté de l'offre, de substitut réaliste des biocarburants capable de remplacer dans des conditions économiquement rationnelles l'essence et le gazole à court ou à moyen terme (voir Figure 2). Du côté de la demande, l'utilisation de véhicules à meilleur rendement (par exemple les véhicules hybrides) et le changement des comportements sont difficilement envisageables dans ces mêmes délais. En outre, la sécurité énergétique et les possibilités de développement rural offertes par les biocarburants incitent puissamment les responsables politiques à mettre en œuvre des mécanismes de soutien tels que l'octroi d'aides ou le prélèvement de droits de douane. Ces mécanismes de soutien peuvent fausser le fonctionnement des marchés et avoir des résultats pervers, comme le prouvent les piètres performances du programme américain de production d'éthanol de maïs en matière d'émissions de GES.

Dans l'étude de l'IIASA (Raihi *et al.*, 2006 ; Figure 2), le développement du marché de l'énergie suit l'évolution mondiale des scénarios "a2" (plus proche du *statu quo*) et "b2" (plus écologique et attentif à une utilisation rationnelle des ressources) du "Rapport spécial du GIEC - Scénarios d'émissions". Dans ces deux scénarios, la demande de biocarburants liquides devrait augmenter de 25-50 EJ d'ici à 2030, ce qui représente plus de 20 pour cent de la demande mondiale prévue d'énergie primaire destinée aux transports.

Un calcul simple apprend qu'une telle demande requerra de 0 à 300 millions d'hectares (selon que l'on n'utilise que des résidus ou que l'on donne la préférence à des cultures énergétiques qui permettent de produire l'équivalent de 8 000 litres d'éthanol par hectare). A titre de comparaison, la culture du blé occupe aujourd'hui environ 250 millions d'hectares dans le monde.

Figure 2. Évolution prévue de la production et de l'utilisation de biomasse à des fins énergétiques entre 2010 et 2030



Production de biomasse B1

Potentiel énergétique (EJ)

Biomasse forestière

Résidus agricoles

Production de biomasse A2

Potentiel énergétique (EJ)

Biomasse forestière

Résidus agricoles

Consommation de bioénergie B1

Consommation de biomasse EJ

Électricité + chaleur

H2

Gaz

Liquides

H2

Liquides

Consommation de bioénergie A2

Consommation de biomasse EJ

Électricité

H2

Liquides

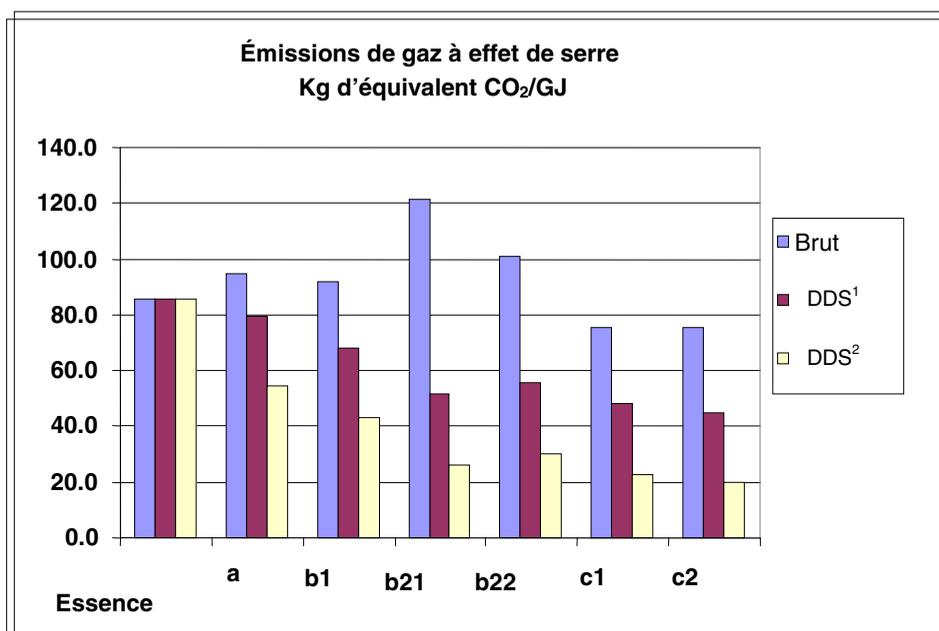
Source : Riahi, 2006, pour les Graphiques de gauche (production).
IIASA, 2007, pour les Graphiques de droite (consommation).

2.1. Émissions de gaz à effet de serre dues aux biocarburants

Des études effectuées sur tout le cycle de vie des biocarburants aux États-Unis et dans l'Union Européenne montrent que la réduction des émissions de GES ne peut pas être considérée comme certaine. Ces études fondent leurs conclusions sur une analyse des chaînes actuelles et futures possibles de production de biocarburants. Elles constatent que la réduction des émissions de GES imputée à l'utilisation de biocarburants est très variable puisque d'aucuns la situent à un niveau au mieux marginal, tandis que d'autres la font monter à plus de 80 pour cent par kilomètre parcouru ou par unité d'énergie utilisée dans les transports (Figure 3 ; Rickeard *et al.*, 2004 ; Woods et Brown, 2005 ; JEC, 2006 ; Farrell *et al.*, 2006).

Quoique plusieurs pays aient lancé depuis un certain temps déjà des programmes de biocarburants et que ces programmes, dont les programmes américain et brésilien d'éthanol-carburant, soient donc arrivés à maturité, l'évolution des techniques de production des matières de base, de transformation de ces matières et d'utilisation des produits finis pourrait se traduire par une réduction substantielle des émissions de GES. En effet, l'utilisation de bonnes ou de meilleures pratiques agronomiques et l'amélioration de la sélection des cultures pourraient déboucher sur une nette amélioration des émissions de GES et du bilan énergétique, d'où une réduction des impacts environnementaux.

Figure 3. Émissions de gaz à effet de serre produites par six types d'installations de transformation de blé en éthanol



Notes : ¹⁾ Drêches de distillerie avec solubles utilisées comme aliments pour animaux + exportation d'électricité.

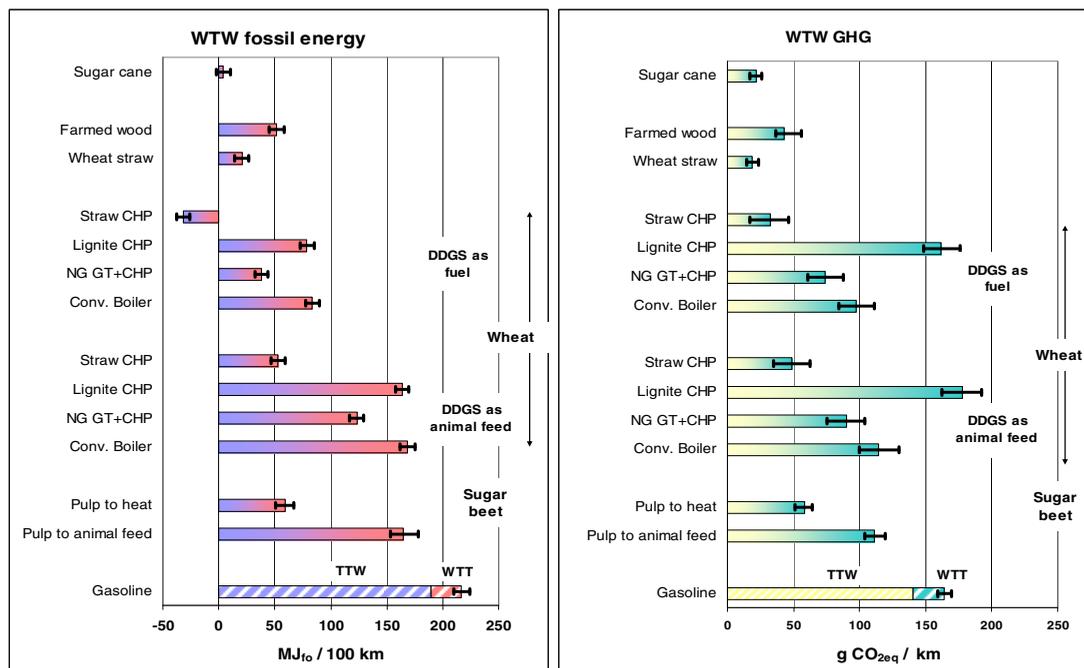
²⁾ Drêches de distillerie avec solubles utilisées comme source d'énergie + exportation d'électricité.

Type "a" : chaudière au gaz naturel et électricité "importée" (sans cogénération) ; "b" : type "a" plus cogénération ; "b1" : addition d'une turbine à vapeur ; "b21" : remplacement de la chaudière par une turbine à gaz + récupération de la vapeur rejetée ; "b22" : addition de la cocombustion au gaz naturel au générateur de vapeur ; "c" : utilisation de paille comme source d'énergie ; "c1" : installation de cogénération brûlant de la paille avec turbine à vapeur ; "c2" : addition d'une turbine à condensation.

Source : Rickeard *et al.*, 2006.

La Figure 4 illustre les variations des quantités moyennes de GES émises pendant la totalité du cycle de vie de l'éthanol carburant, depuis sa production jusqu'à sa consommation – « du puits à la roue ». Elle montre que les émissions moyennes de GES produites par un véhicule de 1.6 litre consommant de l'éthanol brésilien tiré de la canne à sucre représentent environ 25 grammes d'équivalent CO₂ par kilomètre parcouru, alors que, à titre de comparaison, les quantités de GES émises par ce même véhicule auraient représenté plus ou moins 170 grammes d'équivalent CO₂ par kilomètre parcouru s'il avait consommé de l'essence normale européenne. La Figure ne le montre pas, mais ce véhicule aurait aussi émis 150 à 170 grammes d'équivalent CO₂ par kilomètre, s'il avait consommé de l'éthanol de maïs américain, ce qui veut dire que, sur l'ensemble du cycle de vie, ses émissions auraient été inférieures de moins de 10 pour cent au niveau qu'elles auraient atteint avec de l'essence.

Les émissions de GES (du puits à la roue) produites par l'utilisation d'éthanol tiré de blé, de paille ou de betteraves sucrières cultivés et transformés en Europe accusent une variabilité plus grande que celles qui sont produites par l'éthanol de canne à sucre. Une étude (Rickeard *et al.*, 2004) réalisée avec des représentants de la CONCAWE (Organisation européenne des compagnies pétrolières pour la protection de l'environnement et de la santé), d'Exxon Mobil, d'EUCAR (Conseil européen pour la recherche et le développement de l'industrie automobile), du CCR (Centre commun de recherche), de British Sugar, de l'Imperial College de Londres et de North Energy (experts en analyse du cycle de vie) conclut que l'éthanol de blé rejette, sur l'ensemble de son cycle de vie, de 7 à plus de 77 pour cent de GES de moins que l'essence (Figure 3) et que le taux effectif de réduction des émissions de GES dépend dans une très large mesure des conditions de production et d'utilisation de l'énergie dans les installations de transformation, ainsi que du mode de valorisation des coproduits (notamment les drêches de distillerie avec solubles) en tant qu'aliments pour animaux, que source d'énergie utilisable dans l'installation même ou que combustible dans une grande centrale électrique existante.

Figure 4. Bilan énergétique (MJ/100 km) et bilan des émissions de GES (g. d'éq. CO₂/km) de différentes chaînes d'approvisionnement en bioéthanol (JEC, 2006)


Énergie fossile – ensemble du cycle de vie		GES – ensemble du cycle de vie	
Canne à sucre		Canne à sucre	
Bois de culture		Bois de culture	
Paille de blé		Paille de blé	
Cogénération paille	Utilisation des drêches comme combustible	Cogénération paille	Utilisation des drêches comme combustible
Cogénération lignite		Cogénération lignite	
Turbine au gaz naturel + cogénération		Turbine au gaz naturel + cogénération	
Chaudière classique	Blé	Chaudière classique	Blé
Cogénération paille	Utilisation des drêches comme aliment du bétail	Cogénération paille	Utilisation des drêches comme aliment du bétail
Cogénération lignite		Cogénération lignite	
Turbine au gaz naturel + cogénération		Turbine au gaz naturel + cogénération	
Chaudière classique	Betteraves sucrières	Chaudière classique	Betteraves sucrières
Conversion de la pulpe en chaleur		Conversion de la pulpe en chaleur	
Conversion de la pulpe en aliments pour bétail		Conversion de la pulpe en aliments pour bétail	
Essence	MJ_{fossil}/100 km	Essence	g d'éq. CO₂/km

L'étude de Rickeard *et al.* utilise des facteurs agronomiques britanniques types pour le blé, mais il est apparu que l'utilisation d'autres variétés de blé riches en amidon pour produire de l'éthanol permettrait de réduire de beaucoup les émissions imputables à la production des matières de base (Smith *et al.*, sous presse). En particulier, la réduction de la quantité d'azote utilisée par unité d'éthanol produite peut déboucher sur une réduction significative des émissions totales de GES en raison de la

baisse des émissions d'hémioxyde d'azote (N_2O) sur les champs et dans les unités de fabrication d'engrais et de la moindre teneur en protéines des grains de blé qui améliore le rendement de la "fermentation" dans la fabrication de l'éthanol. L'étude avance, comme conclusion importante, que les chaînes de production d'éthanol qui produisent le moins de GES sont aussi celles dont l'intensité capitalistique est la plus forte. Par conséquent, les politiques qui encouragent la production de biocarburants en termes quantitatifs risquent de donner des incitations relativement plus importantes aux producteurs d'éthanol dont les performances sont les moins satisfaisantes.

La multiplicité des impacts possibles et l'intensité de ceux dont il est souvent fait état pour justifier la promotion des biocarburants sont les principales raisons d'être de l'exigence de mettre en œuvre des systèmes de mesure et de suivi. Au cours des deux dernières décennies, les consommateurs, de plus en plus soucieux de connaître l'origine et l'impact environnemental des produits qu'ils achètent, ont suscité l'émergence de systèmes de certification destinés à garantir l'innocuité environnementale et sociale de ces produits. L'application ou l'adaptation de ces systèmes de certification aux biocarburants est le thème principal du présent rapport, dont les chapitres suivants vont évaluer l'applicabilité théorique de ces systèmes aux biocarburants et analyser les problèmes pratiques soulevés par leur mise en œuvre et leur suivi.

3. SYSTÈMES NATIONAUX D'ASSURANCE QUALITÉ ET DE CERTIFICATION DES BIOCARBURANTS

Plusieurs facteurs tant locaux que mondiaux font augmenter la demande de biocarburants. Quoique des nouvelles mesures axées sur les conducteurs de véhicules puissent se contredire, il est possible d'encourager, par des politiques souples et mûrement réfléchies, la mise en place de systèmes de production et de distribution de biocarburants qui répondent simultanément à la totalité ou à la majorité des objectifs. Ce genre de cadre d'action semble toutefois peu concevable en l'absence d'une planification et d'une mise en œuvre minutieuses et détaillées.

La Figure 5 illustre la diversité des facteurs qui, du niveau local au niveau mondial, ont déterminé l'émergence de la bioénergie en général, et des biocarburants en particulier. Au niveau mondial, ces facteurs vont de la signature relativement récente de traités qui visent à atténuer le changement climatique et à s'y adapter, au maintien de régimes d'aide à l'agriculture dans sa fonction de "développement rural". Il peut y avoir conflit entre les objectifs poursuivis à l'échelon mondial et local du point de vue de l'utilisateur final. Les incitations en faveur des biocarburants au titre du "développement rural" ou de la "sécurité énergétique" pourraient ainsi susciter la production de biocarburants dont les émissions de GES et l'impact sur la qualité de l'air sont pires que celles et ceux des carburants fossiles qu'ils remplacent. L'utilisateur final, même s'il est soucieux de protection de l'environnement, n'achètera pas un véhicule qui risque de tomber en panne à cause de l'utilisation de biocarburant ou il devra éventuellement accepter, s'il souhaite réduire ses émissions de GES (ou celles du parc automobile), de rejeter davantage d'acétaldéhyde, de précurseurs de l'ozone, voire de particules.

Figure 5. **Facteurs favorables à la bioénergie et aux biocarburants à l'échelon mondial et local**

Niveaux national, régional et mondial	Niveau local/Utilisateur final
1. Changement climatique	1. Fonctionnalité
2. Sécurité énergétique	2. Coût
3. Développement rural (Coûts macroéconomiques)	3. Environnement : qualité de l'air / santé / bien-être / biodiversité?

Durabilité

Santé / bien-être / environnement

Pour concevoir des mesures visant ces différents facteurs, il est nécessaire que les systèmes de certification environnementale s'appuient sur un ensemble structuré de conditions générales. En vue d'éviter les doubles emplois et de réduire les coûts au minimum, plusieurs auteurs se sont appliqués à évaluer la possibilité de mettre ces systèmes en œuvre dans le cadre des systèmes/organismes existants d'assurance qualité et de certification (Bauen *et al.*, 2004 ; Tipper *et al.*, 2005 ; Ecofys, 2006). Ces études ont été réalisées pour les besoins du *Low Carbon Vehicles Partnership* (partenariat britannique pour les véhicules à faibles émissions de carbone) à la demande des autorités britanniques, dans le cadre de l'élaboration du *Renewable Transport Fuels Obligation* (RTFO) (programme d'utilisation obligatoire de carburants renouvelables dans les transports) qui doit entrer en vigueur en avril 2008. Les Pays-Bas étudient de leur côté un système similaire et s'efforcent, avec le Royaume-Uni et l'Allemagne, de tracer les contours d'une approche normative et législative supranationale répondant aux principes décrits ci-dessous (Ministère britannique des Transports, 2007 ; Commission Cramer, 2007).

Plusieurs programmes ou organismes de certification respectés, dont le *Forest Stewardship Council* (FSC), ont été mis en place pour procéder à l'assurance qualité de produits autres que les biocarburants (surtout les produits du bois). D'autres structures plus récentes, entre autres la *Round Table on Sustainable Palm Oil* (RSPO) (Table ronde sur l'huile de palme durable), le Partenariat global pour une agriculture saine et durable (EUREPGAP), l'ACCS britannique, LEAF et la *Round Table on Sustainable Soy Oil* (Table ronde sur l'huile de soya durable) ont également été évalués (Ecofys, 2006 ; *Round Table on Sustainable Palm Oil*, 2005 ; *Forest Stewardship Council*, 2005 ; ISO, 2006) et se sont révélés avoir un champ de compétence trop restreint pour pouvoir englober la certification des biocarburants. Tipper *et al.* (2006) ont donc proposé une approche métanormative dont sont inspirées les évolutions actuelles de la certification de "durabilité" des biocarburants dans le cadre du programme RTFO du Royaume-Uni.

Une grande partie de l'Europe est densément peuplée et affiche une consommation assez élevée d'énergie par habitant, ne serait-ce qu'à des fins de mobilité. Comme les matières premières agricoles produites sur son territoire sont onéreuses par rapport à leurs cours mondiaux, l'Europe devra importer des quantités importantes de matières de base transformables en biocarburants, de biocarburants, ou des uns et des autres à la fois, si elle décidait de se fixer un objectif ambitieux en matière d'approvisionnement en biocarburants. N'importe quel mécanisme d'incitation mis en place doit en outre être également applicable partout dans le monde pour éviter les infractions aux règles du commerce international.

Pour apporter des réponses sur l'aptitude des biocarburants à répondre à chacun de ces critères, il a fallu définir parallèlement avec soin les mesures, la méthodologie métanormative et les interactions utiles des principaux acteurs susceptibles d'intervenir dans la production massive de biocarburants au Royaume-Uni et aux Pays-Bas. Le fait que ces acteurs soient représentés de manière équilibrée importe beaucoup pour la validité et, partant, l'acceptabilité publique de la démarche à suivre. Les comités consultatifs du programme britannique RTFO se composent de représentants des fournisseurs de biocarburants, des grandes compagnies pétrolières, des supermarchés (qui vendent beaucoup de carburants au Royaume-Uni), de différents Ministères (notamment, Transports, Commerce et Industrie, Environnement, Alimentation et Affaires rurales), du monde agricole [*National Farmers Union, Home Grown Cereals Authority (HGCA)*], du monde universitaire (principalement des experts en analyse du cycle de vie) et d'ONG vertes (RSPB). La Commission Cramer néerlandaise a rassemblé des acteurs issus d'horizons comparables (Commission Cramer, 2007).

3.1. Conséquences pour le commerce international

La plupart des pays de l'OCDE procèdent aujourd'hui à des échanges internationaux de biocarburants ou de matières de base pour en produire, produits qui s'échangent principalement dans la filière agroalimentaire. La bivalence, alimentaire et énergétique, de ces produits est source de sérieux problèmes au regard des règles du commerce international dans la mesure où un même produit peut être classé dans des catégories différentes. L'établissement de liens entre, d'une part, les politiques nationales de promotion et de réglementation des biocarburants et, de l'autre, les systèmes d'assurance et de certification peut créer des nouveaux obstacles aux échanges.

Les systèmes d'assurance et de certification voulus par les consommateurs, lorsque les normes ne sont pas contraignantes, échappent au contrôle de l'OMC. Les règles commerciales arrêtées par l'OMC et d'autres instances régionales s'appliquent en revanche aux systèmes dont les normes sont rendues obligatoires par les pouvoirs publics, et la connaissance de la vulnérabilité à la concurrence des pays exportateurs potentiels de biocarburants a joué un grand rôle dans l'élaboration des nouvelles politiques néerlandaise et britannique relatives aux biocarburants. L'accent s'est porté sur le traitement des "produits similaires" ainsi que sur les droits de douane appliqués aux biocarburants ou à leurs coproduits et sur les mécanismes de soutien dont ils bénéficient.

IPC et REIL (2007) estiment que le champ de compétence de l'OMC englobe un large éventail de mécanismes publics d'aide incluant notamment :

- l'exonération totale ou partielle des droits d'accise sur les carburants ;
- l'obligation de produire des quantités données de biocarburants ;
- l'obligation d'incorporer des biocarburants dans les carburants fossiles dans des proportions fixées par les autorités fédérales, nationales ou infranationales ;
- les régimes préférentiels en matière de marchés publics et les obligations d'achat ;
- la fixation, par les autorités nationales, fédérales, des États/régions ou locales, d'un niveau d'utilisation obligatoire ou subventionnée de biocarburants par les véhicules de leur parc automobile ;

- les lois environnementales qui imposent certains types particuliers d'additifs pour carburants (à des fins par exemple d'oxygénation) destinés à réduire les gaz d'échappement des véhicules. Ce genre d'obligation a entraîné une augmentation de la demande d'éthanol à utiliser comme additif pour l'essence ou pour produire l'ETBE destiné à remplacer le MTBE, plus dommageable pour l'environnement ;
- les aides qui n'ont généralement pas de lien direct avec les biocarburants, telles les aides à l'agriculture versées aux États-Unis, dans l'Union Européenne et ailleurs ;
- les aides publiques à la R-D dans le domaine des biocarburants, depuis la recherche fondamentale jusqu'aux installations de démonstration des technologies.

Les obligations instaurées par une politique nationale, par exemple une politique qui subordonnerait l'octroi des aides au respect de normes environnementales ou sociales, sont assimilables à des "barrières techniques aux échanges".

4. ASSURANCE QUALITÉ ET CERTIFICATION

La Commission Européenne a lancé le concept de norme environnementale minimale (jusque dans le domaine des GES) et envisage d'inviter les États membres à moins soutenir les biocarburants dérivés de végétaux cultivés sur des terres qui constituaient, avant 2005, des zones de haute valeur en termes de stockage de carbone ou de biodiversité, ainsi que l'éthanol produit à partir de blé en utilisant la cogénération (production combinée d'électricité et de chaleur) au lignite.

Il faudra pour ce faire imaginer un système pratique et universel permettant d'assurer et de vérifier l'origine des matières de base transformées en biocarburants. Les concepts sur lesquels l'exercice doit reposer peuvent se définir comme suit (Bauen *et al.*, 2005) :

- **Norme** : ensemble de principes et de critères à utiliser systématiquement en tant que règles, orientations ou définitions de caractéristiques pour être assuré que les matières, les produits, les processus et les services remplissent leur office. La "norme" définit également les indicateurs et les méthodes utilisés pour évaluer le respect des principes et critères retenus.
- **Certification** : délivrance d'un document écrit (certificat) par un organisme externe indépendant (organe de certification) attestant qu'il a contrôlé le système de gestion d'une organisation et que celui-ci est conforme à la norme.
- **Accréditation** : reconnaissance formelle par une instance spécialisée (organe d'accréditation) du fait que l'organe de certification possède les compétences requises pour effectuer la certification.
- **Système d'assurance** : cadre général relatif à l'élaboration d'une norme, à l'accréditation des organes de certification, et à la certification des produits et services.

Dans la pratique, le certificat est délivré quand le producteur d'un produit (ou le concepteur d'un processus) a répondu à un jeu de questions normalisées, ou confirme qu'il est capable d'y répondre, ces questions étant réparties comme suit en catégories fondées sur des principes constitutifs de la norme :

- **Principes** : *conditions générales d'une production durable.*
- **Critères** : *conditions qui doivent être remplies pour se conformer à ces principes et qui aident à définir les indicateurs.*
- **Indicateurs** : *questions montrant comment un agriculteur, un producteur ou une entreprise peut prouver qu'un critère particulier est respecté.*

Il s'en suit que les indicateurs doivent être suffisamment détaillés pour être assuré du respect des principes sur lesquels repose la norme. Il peut toutefois, dans des systèmes complexes, s'avérer nécessaire d'émettre un "jugement de valeur" pour définir le degré de détail, le nombre total et la complexité des indicateurs : la procédure de certification devient trop lourde, coûteuse et difficile à gérer s'ils sont trop détaillés et la capacité du système à garantir le respect de la norme laissera planer de sérieux doutes s'ils le sont trop peu.

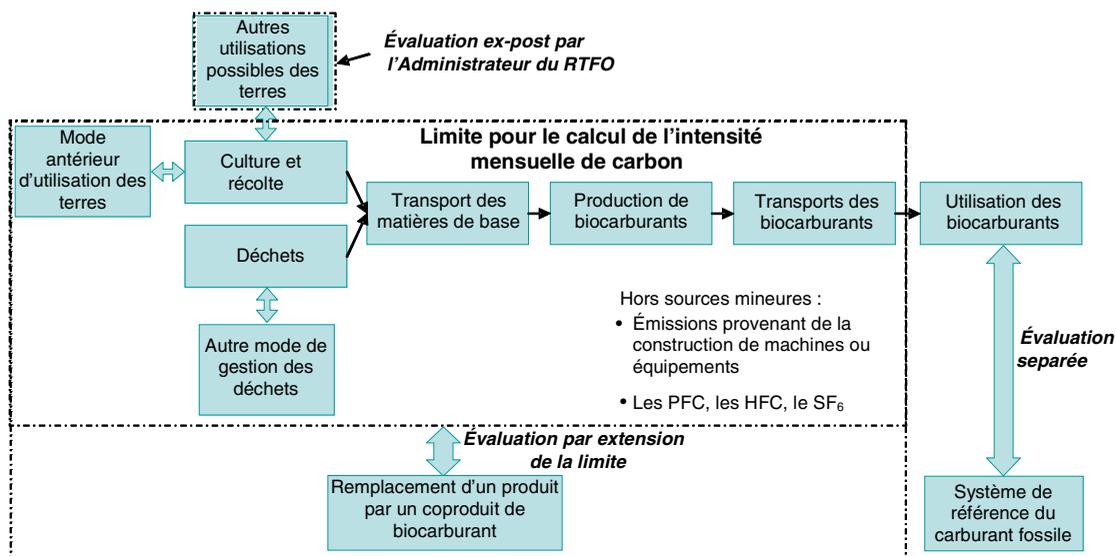
L'équilibre à établir entre l'étendue de la couverture, le degré de détail et la simplicité ne peut être trouvé qu'au terme d'un processus décisionnel transparent qui fasse définir les principes, les critères et les indicateurs des normes par un ensemble d'acteurs représentatif des divers intérêts en présence. Il est fréquent que la crédibilité publique des systèmes de certification sociale et environnementale gérés par les consommateurs soit fonction du nombre d'ONG de haute volée qui participent au processus décisionnel.

Enfin, les grandes ONG estiment souvent que la crédibilité de la certification dépend dans une mesure déterminante de la vérification. La crédibilité est fonction, non seulement de la nature des principes et indicateurs constitutifs de la norme, mais aussi des procédures de vérification. La "vérification" postule la mise au point et l'application d'un ensemble détaillé de protocoles par les organes de certification qui doivent, quant à eux, être accrédités par une instance d'accréditation agréée. Ces protocoles doivent être conçus comme faisant partie intégrante de la "norme" qui préside au fonctionnement du système d'assurance et de certification. La nature des indicateurs inclus dans la norme conditionne toutefois la complexité des procédures de contrôle qui débouchent sur la délivrance des certificats ainsi que, partant, la complexité et le coût de la procédure de vérification.

4.1. Méthodes d'assurance et d'établissement des rapports

Le système d'assurance imaginé par le Royaume-Uni et les Pays-Bas s'articule autour de deux éléments essentiels, à savoir : 1) l'établissement de rapports (quantifiés) sur les GES ; et 2) l'établissement de rapports sur la durabilité (fondée sur des seuils). Un projet de notice technique expliquant aux entreprises comment établir les rapports requis par le programme RTFO du Royaume-Uni a été publié en février 2007. La Figure 6 illustre ce qu'il y a lieu de préciser dans les rapports sur les GES à établir en vertu de ce programme (LowCVP/E4Tech).

Figure 6 : Limites du système pour les biocarburants (E4Tech, 2006)



Une méthode d'analyse du cycle de vie a été adoptée pour calculer les émissions de GES imputables à des lots de biocarburants passant par des points de prélèvement des droits de douane sur les carburants au Royaume-Uni. Une approche souple, à plusieurs niveaux, a été mise au point pour assurer la conformité aux règles de l'OMC.

4.2. Normes et principes

En 2005, dans la perspective de la mise en œuvre du programme RTFO au Royaume-Uni, le *Low Carbon Vehicle Partnership* a commandé l'élaboration d'un projet de norme qui assurerait l'innocuité environnementale de la production de biocarburants (Tipper *et al.*, 2006). Ce travail a permis de constater qu'il serait possible d'appliquer une approche métanormative pour assurer la durabilité (notamment environnementale) des biocarburants vendus au Royaume-Uni.

La métanorme a été définie en comparant les normes, principes, critères et indicateurs conçus par les instances existantes et nouvelles ayant adopté des normes volontaires dans le monde, entre autres le *Forest Stewardship Council* (FSC), la *Round Table on Sustainable Palm Oil* (RSPO) ou EUREPGAP. Les sept principes de base ainsi obtenus (Tableau 1) englobent chacun plusieurs critères et indicateurs qui doivent permettre de déterminer dans quelle mesure les matières de base produites conformément à chaque système peuvent être considérées comme durables au sens du programme RTFO.

Tableau 1. **Principes environnementaux et sociaux**

Principes environnementaux	
1.	La production de biomasse ne doit pas détruire ou endommager des grands stocks de carbone en surface ou sous terre.
2.	La production de biomasse ne doit pas entraîner une destruction totale ou partielle de zones caractérisées par une grande diversité biologique.
3.	La production de biomasse ne doit pas dégrader les sols.
4.	La production de biomasse ne doit pas contaminer ou épuiser les ressources hydriques.
5.	La production de biomasse ne doit pas entraîner de pollution atmosphérique.
Principes sociaux	
6.	La production de biomasse ne doit pas porter atteinte aux droits des travailleurs ni à leurs conditions de travail.
7.	La production de biomasse ne doit pas porter atteinte aux droits fonciers ni aux relations intercommunautaires existantes.

La méthode de la méthanorme permet donc aux entreprises tenues par ces obligations d'appliquer les systèmes d'assurance volontaire adoptés partout dans le monde, tout en réduisant au minimum la charge financière et administrative que la mise en conformité représente.

Un guide technique détaillé d'Ecofys (2006) explique comment établir les rapports sur la durabilité prévus par le programme RTFO. Les principes et la méthodologie définis dans ce guide sont comparables à ceux proposés par la Commission Cramer néerlandaise (2007) et les deux systèmes nationaux sont donc compatibles. Des contacts ont aussi été établis récemment avec le Gouvernement allemand, afin d'harmoniser les activités des trois pays, d'établir les bases de l'adoption d'une norme et d'une méthodologie de l'Union Européenne, et de collaborer à l'élaboration d'une norme mondiale. Sous les auspices du Partenariat mondial sur les bioénergies instauré par le G8 après le sommet de Gleneagles, de la Plate-forme internationale sur la bioénergie de la FAO (ONU) et de la nouvelle *Global Round Table on Sustainable Biofuels* (table ronde mondiale pour les biocarburants durables), des mécanismes se mettent en place pour concevoir cette norme mondiale.

4.3. Critères et indicateurs

Les critères environnementaux concernent le stockage du carbone, la biodiversité, la qualité des sols, la qualité de l'eau, les ressources en eau et la pollution de l'air (cf. ci-après) et imposent l'établissement de rapports sur les changements d'utilisation des terres (rapport sur l'effet de déplacement et le carbone). Ces principes environnementaux s'appuient sur le rapport de l'ECCM (2006), sur les critères définis par la Commission Cramer néerlandaise et sur diverses normes existantes également. Ils prennent l'année 2005 comme année de référence pour le carbone et la biodiversité. Les critères relatifs au sol, à l'eau et à l'air sont liés au respect des lois en vigueur et des directives nationales en matière d'application des bonnes pratiques agricoles, comme l'exigent par exemple les règles adoptées par l'Union Européenne en matière de conditionnalité environnementale.

Les critères sociaux concernent le travail des enfants, la liberté d'association, la discrimination, la santé et la sécurité, le travail forcé, les salaires, les horaires de travail, les contrats et la sous-traitance, ainsi que, enfin, les droits fonciers. Ils doivent assurer l'égalité de traitement dans tous les pays et proposent d'exempter l'agriculture extensive de l'application des règles relatives aux conditions de travail. Ces critères sociaux ne sont pas examinés plus à fond dans le présent rapport.

La mesure de l'intensité de carbone liée au changement d'utilisation des terres proposée par E4Tech se fonde sur la méthode mise au point par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) en 2006 pour le calcul du niveau 1. Cette méthode permet de mesurer l'intensité de carbone liée au changement d'utilisation des terres en tenant compte du climat, de la zone écologique, du sol et des pratiques de gestion, et de faire rapport à ce sujet. Les émissions ou stocks de carbone imputables au changement d'utilisation des terres sont censés être égaux à la variation des stocks de carbone dans la biomasse, la nécromasse, les sols minéraux ou organiques et les zones humides.

La certification des biocarburants se heurte à des problèmes d'incertitude, parce qu'il est très difficile d'assurer le suivi des émissions de certains GES importants, tels que le N₂O (hémioxyde d'azote) et le CH₄ (méthane), produites par l'agriculture. De plus, les variations des stocks de biomasse (dues au déboisement) et de la teneur des sols en carbone sont très mal chiffrées.

Plusieurs études effectuées dans des exploitations agricoles révèlent cependant que la plupart des émissions de GES imputables à l'agriculture proviennent de l'utilisation d'engrais azotés. Par ailleurs, l'enlèvement de la paille entraîne des émissions plus importantes que son enfouissement.

Le programme RTFO britannique a pour objectif premier d'inciter à utiliser des biocarburants qui émettent peu de GES et qui n'ont pas d'effet environnemental ou social néfaste. Pour atteindre la plus grande exhaustivité, il serait possible d'utiliser des instruments d'assurance et de certification détaillés couvrant les émissions depuis l'exploitation agricole jusqu'au point de vente du carburant. Le Royaume-Uni teste par exemple un projet d'audit intégré à l'ACCS (système d'assurance qualité pour les grandes cultures). Par ailleurs, HGCA, l'Imperial College et CMI réalisent en 2007 une seconde étude portant sur une centaine au moins d'exploitations agricoles.

5. CONCLUSIONS

Les filières d'approvisionnement en biocarburants peuvent être très complexes et sont souvent longues et dispersées, presque tous les pays étant des producteurs potentiels pour leur marché intérieur ou pour l'exportation. Par exemple, au cours de la dernière décennie, le Brésil a non seulement exporté, mais aussi importé du bioéthanol, la Suède a exporté et importé des copeaux de bois, tandis que l'Espagne (Abengoa) fabrique de l'éthanol à partir de céréales produites localement et importées, production dont elle exporte une partie.

Les filières d'approvisionnement en biocarburants sont aussi très diversifiées et le deviendront probablement davantage avec l'arrivée sur le marché de nouvelles technologies de production, de transformation et d'utilisation des matières de base. La situation est encore compliquée par le fait que les principales matières de base pour produire des biocarburants le sont aussi pour obtenir des denrées

alimentaires : cela soulève des problèmes difficiles à résoudre de classement dans des catégories correspondant à celles des règles commerciales internationales et des droits de douane qui y sont associés. Ces règles interdisent en outre toute discrimination directe à l'encontre des produits importés – notamment, il ne saurait être question de qualifier un produit, par exemple du biodiesel malais dérivé d'huile de palme, d'inacceptable pour en interdire l'importation (sous forme de carburant ou de la matière de base elle-même). Il est en revanche possible de classer un produit sur la base de critères environnementaux tant que cette méthode n'est pas discriminatoire et que les systèmes de vérification de la validité du classement ne le sont pas non plus.

S'agissant de plusieurs indicateurs environnementaux qui peuvent s'avérer importants pour le classement susmentionné, l'impact des chaînes de production et de distribution des biocarburants peut être de nettement meilleur à nettement pire que celui des carburants fossiles qu'ils remplacent. Ces indicateurs couvrent une très large gamme d'impacts potentiels, directs et indirects. Des politiques axées sur un seul aspect peuvent fort bien avoir des incidences néfastes non voulues à d'autres égards. La production de biocarburants pour assurer la sécurité énergétique risque ainsi de déboucher sur la mise en place de filières peu performantes en termes d'émissions de GES.

Les aides publiques fondées sur la production ou assises sur des volumes peuvent donner naissance à un marché hautement concurrentiel, mais aussi à la production de biocarburants qui émettent beaucoup de GES. Les biocarburants qui en rejettent peu nécessitent des systèmes très intégrés et efficaces d'approvisionnement en énergie dans leurs installations de production, qui exigent des investissements supplémentaires. D'un point de vue économique, nul n'investira si la réduction des émissions de GES n'est pas avantageuse.

Les effets conjugués des cours du pétrole en hausse, des mécanismes d'aide publique et de l'efficacité accrue des filières de production et de transformation des matières de base ont favorisé la compétitivité des biocarburants en termes de prix. En conséquence, les marchés des biocarburants, restreints au départ, s'élargissent rapidement dans le monde entier. Il est donc urgent – l'inaction étant exclue – de mettre en place de nouveaux systèmes permettant de faire en sorte et de garantir que les biocarburants produits rejettent peu de GES, si l'atténuation du changement climatique est un objectif primordial et que les politiques à l'œuvre risquent d'amener à produire des biocarburants médiocres du point de vue des émissions de GES.

Le rapport montre comment ces systèmes d'assurance et de certification peuvent ouvrir la voie à l'instauration d'une taxe très ciblée sur le carbone ou à d'autres mécanismes de récompense en fonction des performances. Ces systèmes requièrent toutefois :

- des méthodologies solides et pratiques qui soient à la hauteur de la complexité et de l'hétérogénéité des chaînes de production, de distribution et d'utilisation des biocarburants ;
- une implication permanente et active des principaux acteurs, notamment les scientifiques, les ONG, les producteurs, les consommateurs ou les institutions nationales, supranationales et mondiales, parce que les biocarburants ne peuvent sans cela être acceptés par le public à moyen et à long terme.

Il existe heureusement plusieurs exemples de systèmes d'assurance environnementale volontaire, dont le PEFC et le FSC dans la foresterie, qui réunissent les conditions requises concernant la majorité (sinon la totalité) des indicateurs nécessaires. L'assurance et la certification environnementales n'apportent toutefois pas de remède souverain aux tendances non durables observées dans les transports. Des scientifiques de renom et des représentants d'ONG ont constaté que :

- l'ASSURANCE ENVIRONNEMENTALE dans la foresterie n'a pas freiné le déboisement de façon tangible, ni amélioré non plus la gestion des forêts en dehors des zones certifiées ;
- l'ASSURANCE ENVIRONNEMENTALE ne semble pas de nature à résoudre des problèmes socio-économiques tels que les conflits dont les ressources sont l'enjeu ;
- l'ASSURANCE ENVIRONNEMENTALE ne se substitue pas efficacement à la bonne gouvernance, ni à la réglementation de l'exploitation des ressources naturelles, les résultats les meilleurs étant obtenus quand bonne gouvernance et ASSURANCE ENVIRONNEMENTALE vont de pair ;
- l'ASSURANCE ENVIRONNEMENTALE ne met pas les petits exploitants à l'abri de la déflation des marchés mondiaux des produits de base et tend à avantager les acteurs de plus grande envergure ;
- les systèmes d'assurance groupée peuvent faciliter l'entrée des petits producteurs ; aux yeux des grandes ONG, la crédibilité de l'ASSURANCE ENVIRONNEMENTALE dépend normalement, dans une large mesure, du degré de participation et de consultation ;
- ISEAL a défini les "bonnes pratiques" qui doivent présider à l'élaboration des normes environnementales (<http://www.ifoam.org/partners/partners/iseal.html>).

Ce genre de systèmes d'assurance environnementale et, plus généralement, d'assurance « durabilité » commence à voir le jour dans des sous-secteurs importants, par exemple dans celui de l'huile de palme (cf. RSPO). Toutefois, pour donner des bons résultats, la majorité, sinon la totalité, d'entre eux doivent à tout le moins être compatibles. La tendance à la normalisation des systèmes d'assurance environnementale s'intensifie (cf. ISO, 2006). En outre, des activités spécifiques sur les biocarburants sont impulsées par les administrations nationales au sein de l'Union Européenne, et également dans le cadre d'organisations internationales. Il apparaît de plus en plus clairement que la mise en place de systèmes internationaux d'assurance et de certification environnementales est étroitement liée à la mise au point de biocarburants durables. Afin de prendre en compte des répercussions cruciales, bien qu'indirectes, ces systèmes devront probablement couvrir un champ plus vaste, en cessant de cibler certains produits pour englober aussi l'utilisation des terres et les chaînes de production et de distribution de denrées alimentaires, de carburants et d'autres matières qui y interviennent. Les biocarburants tiendront sans doute une place importante, mais relativement limitée, dans l'utilisation des terres à l'avenir.

NOTES

1. Les biocarburants, notamment le bioéthanol, le biodiesel et le biogaz, sont en l'occurrence des carburants liquides ou gazeux tirés de matières organiques qui sont utilisés dans les transports.

BIBLIOGRAPHIE

AEE, *How Much Bioenergy Can Europe Produce without Harming the Environment?*, Kongens Nytorv 6, 1950, Copenhagen, Danemark, document 7/2006 (ISBN 92- 9167 - 849 -X; ISSN 1725 - 9177): 1 -72, 2006 www.eea.europa.eu.

AIE (2006), *World Energy Outlook*, Paris, OCDE.

Bauen A., Howes J., Chase A., Tipper R., Inkinen A., Lovell J. et Woods J., *Feasibility Study on Certification for a Renewable Transport Fuel Obligation*, Londres, Royaume-Uni: LCVP. FWG-P-05-07:1-80, 2005

<http://www.lowcvp.org.uk/resources/agendaandminutes/working.cfm?catid=3&catName=Fuels>.

CCR (2006), *Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*. CONCAWE, EUCAR et Centre commun de recherche <http://ies.jrc.ec.europa.eu/wtw.html>.

Commission Cramer. *Testing framework for sustainable biomass*. Rapport final du groupe chargé du projet "Sustainable production of biomass", IPM, mars 2007, Pays-Bas <http://www.mvo.nl/biobrandstoffen/download/070427-Cramer-FinalReport-EN.pdf>

E4TECH (2006), *Methodology for Carbon Reporting under the Renewable Transport Fuel Obligation*, projet, Bauen A., Watson P. et Howes J., Londres, Royaume-Uni : E4TECH/LowCVP.1-80.

ECCM (2006) - voir Tipper *et al.* (2006) ci-dessous.

Ecofys (2006) *Draft Technical Guidance for sustainability reporting under the Renewable Transport Fuel's Obligation*. Low Carbon Vehicle Partnership, Londres, Royaume-Uni

Farrell, A.E., R. J. Plevin, B. T. Turner, A. D. Jones et M. O'Hare. *Ethanol can contribute to energy and environmental goals*. *Science* 311:506-508, 2006.

FSC (2005) *FSC principles and criteria for forest stewardship*. Accessible à : <<http://www.fsc-uk.info/download/principles.pdf>> [Cité en janvier 2006].

FSC. RAINFOREST ALLIANCE/SMARTWOOD. 2005. *Forest Stewardship Council / RainForest Alliance / Smartwood. Generic Standards for Assessing Forest Management*. Août 2005 (FM-12). p. 22

IIASA, Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués, *GGI Scenario Database, 2007*, accessible à : <http://www.iiasa.ac.at/Research/GGI/DB/>

IPC et REIL. *WTO Disciplines and Biofuels: Opportunities and Constraints in the Creation of a Global Marketplace*. Dir. de pub. : J. A. Haverkamp. Renewable Energy and International Law (REIL). dernier projet :1-23, 2007.

ISO (2006) ISO en bref – *Des normes internationales pour un monde durable*. Organisation internationale de normalisation. Accessible à : <http://www.iso.org/iso/en/prods-services/otherpubs/pdf/isoinbrief_2005-en.pdf > [Cité en janvier 2006].

Juergens et Mueller (2007) à paraître en 2007, fondé sur des données de WWI 2006. Exposé présenté à la 'Foundation for Science' Royal Society, Londres. 23 mai 2007.

JUNGINGER, M. (2006): *Overview of Biomass – related sustainability certification efforts and policy in IEA Bioenergy. Task 40 member countries*. - Projectgroep duurzame import biomass.

Ministère britannique des Transports (2007). *UK Renewable Transport Fuels Obligation*: <http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/environment/rtfo/>

Riahi K., Gruebler A., Nakicenovic N., 2006, *Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization, Technological Forecasting and Social Change (Special Issue)*, doi:10.1016/j.techfore.2006.05.026 (sous presse)

Rickeard, D.J., G. Punter, J-F. Larivé, R. Edwards, N. D. Mortimer, R. Horne, A. Bauen et J. Woods. *WTW Evaluation for Production of Ethanol from Wheat*. London: LCVP. FWG-P-04-024:1-39, 2004. <http://www.lowcvp.org.uk>

Rokityanskiy, E.; Benitez, P.C.; Kraxner, F.; McCallum, I.; Obersteiner, M.; Rametsteiner, E.; Yamagata, Y.; *Geographically explicit global modeling of land-use change, carbon sequestration, and biomass supply*. Technological Forecasting and Social Change, xx:1-25 (sous presse). 2006.

RSPO. 2005. *RSPO Principles and Criteria for Sustainable Palm Oil Production*. Round Table on Sustainable Palm Oil. Version du communiqué diffusé le 17 octobre 2005. p. 6.

Smith, T.C., Kindred, D.R., Brosnan, J.M., Weightman, R.M., Shepherd, M., et Sylvester-Bradley, R. *Wheat As A Feedstock For Alcohol Production*. Hgca Research Review. Sous presse. 2007.

Tipper, R., J. Garstang, Vorley. W., et J. Woods. *Draft Environmental Standards for Biofuels*. Londres : LowCVP. 2006. <http://www.lowcvp.org.uk/resources/reportsstudies/>

Woods, J., et G. Brown. *BIOETHANOL GREENHOUSE GAS CALCULATOR: user's guide*. Londres, UK:HGCA. 1-38, 2005. <http://www.hgca.com/publink.aspx?id=2732>

LISTE DES PARTICIPANTS

Ms Lyn MARTIN Senior Economist Bureau of Transport and Regional Economics (BTRE) Dept of Transport & Regional Services 111 Alinga Street AUS-CANBERRA, ACT 2601 Australie	Présidente
Prof. Birgitte K. AHRING Head of Bio Science and Technology BioCentrum-DTU, Building 227 Technical University of Denmark DK-2800 LYNGBY Denmark	Rapporteur
Prof. Edmar de ALMEIDA University of Rio de Janeiro Grupo de Economia da Energia Instituto de Economia – UFRJ RIO DE JANEIRO Brésil	Rapporteur
Mr. R. STEENBLIK Research Director Global Subsidies Initiative (GSI) International Institute for Sustainable Development (IISD) 28 rue Fremicourt F-75015 PARIS France	Rapporteur
Prof. Dan KAMMEN University of California at Berkeley Goldman School of Public Policy 310 Barrows Hall #3050 BERKELEY, CA 94720-3050 USA	Rapporteur

Rapporteur

Dr. Jeremy WOODS
Research Fellow in Energy Policy
Centre for Environmental Policy
Bioenergy Group
Faculty of Natural Sciences
Imperial College London
Exhibition Road, South Kensington
GB-LONDON SW7 2AZ
United Kingdom

M. le Professeur Michel BEUTHE
Facultés Universitaires Catholiques de Mons (FUCAM)
Groupe Transport et Mobilité (GTM)
151 Chemin de Binche
B-7000 MONS
Belgique

Professor Abigail BRISTOW
Transport Studies Group
Department of Civil and Building Engineering
Loughborough University
LOUGHBOROUGH,
Leicestershire, LE11 3TU
United Kingdom

Dr. Imre BUKI
Energy Division
KTI Institute for Transport Sciences
Than Karoly ut. 3-5
PO Box 107
H-1518 BUDAPEST
Hongrie

Mr. Pierpaolo CAZZOLA
Energy Technology Analyst
IEA
9 rue de la Fédération
F-75739 PARIS CEDEX 15
France

Ms. Jessica CHALMERS
Programme Manager
Low Carbon Vehicle Partnership (LCVP)
17 Queen Anne's Gate
LONDON SW1H 9BU
United Kingdom

M. Bernard CRISTOFINI
Chargé de mission Prospective et Stratégie Internationale
Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)
DADP
147, rue de l'Université
F-75338 Paris CEDEX 0
France

M. Jean-Francois DALLEMAND
Joint Research Centre
European Commission
Institute for Environment and Sustainability
Renewable Energies Unit
TP 450 21020 Ispra (Va)
Italy

Dr. Bart DEHUE
Ecofys bv
P.O. Box 8408
NL-3503 RK UTRECHT
Kanaalweg 16-G
NL-3526 KL UTRECHT
The Netherlands

Dr. Mark A. DELUCCHI
Research Scientist
Institute of Transportation Studies
UC Davis
5029 Vista del Oro Way
Fair Oaks, CA 95628
USA

Dr. Robert EDWARDS
European Commission
DG - Joint Research Center, Ispra
Institute for Environment and Sustainability
Renewable Energies Unit
Via E. Fermi 1
I-21020 ISPRA (VA)
Italy

Asst. Prof. Alex FARRELL
Energy and Resources Group (ERG)
University of California at Berkeley
310 Barrows Hall
Berkeley, CA 94720-3050
USA

Mr. Axel FRIEDRICH
Umweltbundesamt (UBA)
Postfach 33 00 22
Bismarckplatz 1
D-14191 BERLIN
Allemagne

M. Jean-François GRUSON
Adjoint au directeur des études économiques
Institut Français du Pétrole (IFP)
BP 311
F-92508 RUEIL-MALMAISON Cedex
France

Dr. Lukas GUTZWILLER
Swiss Federal Office of Energy
Division Energy Policy
CH-3003 BERNE
Switzerland

Mrs. Janet HALL
Senior Policy Adviser
United Nations Foundation
1800 Massachusetts Avenue NW, Suite 400
Washington DC 20036
ETATS-UNIS

Mr. I. HODGSON
DG ENV.C.3
Unit 3, Clean Air and Transport
CE/EC
200 rue de la Loi
B-1049 BRUXELLES
Belgique

Mr. Doug KOPLow
President
Earth Track, Inc.
2067 Massachusetts Avenue, 4th Floor
Cambridge, MA 02140
USA

Mme Géraldine KUTAS
Groupe d'Economie Mondiale (GEM)
Fondation Nationale des Sciences Politiques (Sciences Po)
56 rue des Saints Pères
75006 PARIS
France

Mr. Brice LALONDE
(replaced by Mr. Richard Doornbosh, Principal adviser, Thurs. a.m.)
Chair
Round Table on Sustainable Development
OECD
2 rue André Pascal
75775 PARIS CEDEX 16
France

Mr. Richard DOORNBOSCH
Principal Adviser
Round Table on Sustainable Development
OECD
2 rue André Pascal
75775 PARIS CEDEX 16
France

Mr. Lew FULTON
Task Manager
United Nations Environment Programme (UNEP)
GEF Climate Change Division
United Nations Avenue, Gigiri
PO Box 30552, 00100
NAIROBI
Kenya

Mr. Martin von LAMPE
Directorate for Trade and Agriculture
OECD
2 rue André Pascal
75775 PARIS CEDEX 16
France

M. Jean-François LARIVÉ
CONCAWE
Bld. du Souverain 165
B-1160 BRUSSELS
Belgium

Mr. John NEEFT
Senter Novem
Catharijnesingel 59
P.O. Box 8242
NL-3503 RE UTRECHT
The Netherlands

Mlle. Charlotte OPAL
Coordinatrice
Round Table on Sustainable Biofuels
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
CDM CGSE
ODY 318, Station 5
CH-1015 LAUSANNE
Switzerland

Mme Martina OTTO
Energy Branch
United Nations Environment Programme
Tour Mirabeau, 39 - 43 Quai André Citroën
75739 Paris - Cedex 15
France

Dr Tadeusz PATZEK
University of California at Berkeley
Civil and Environmental Engineering
425 Davis Hall
BERKELEY, CA 94720-1710
Etats-Unis

Dr. Adriaan PERRELS
Principal Economist
VATT (Government Institute for Economic Research)
Arkadiankatu 7,
P.O. Box 1279,
FI-00101 HELSINKI
Finlande

M. Charles RAUX
Directeur
Laboratoire d'Economie des Transports (LET)
14 avenue Berthelot
F-69363 LYON Cedex 07
France

Dr. Guido REINHARDT
Scientific Director
IFEU Institute for Energy and
Environmental Research
Wilckensstrasse 3
D-69120 HEIDELBERG
Germany

Mr. Ralph SIMS
Renewable Energy Analyst
AIE/IEA
9 rue de la Fédération
F-75739 PARIS CEDEX 15
France

Mr. Petr SMEKAL
Researcher – Environmental Section
Alternative Fuels and Propulsions
Transport Research Centre (CDV)
Lisenska 33a
CZ-636 00 BRNO
République Tchèque

Mr. John STEVENS, CBE
Honorary Fellow
Institute for European Environmental Policy
28 Queen Anne's Gate
GB-LONDON SW1H 9AB
United Kingdom

Mr Philip WATSON
E4tech (UK) Ltd
83 Victoria Street
GB-LONDON SW1H 0HW
United Kingdom

Dr. Rainer ZAH
Deputy Head of Technology and Society
EMPA (Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt)
Lerchenfeldstr. 5
CH-9014 ST. GALLEN
Suisse

Observers :

Mr. Mark FRICKEL
Consultant
International Institute for Sustainable Development (IISD)
International Environment House 2
9 chemin de Balexert
Châtelaine
CH-1219 GENEVA
Switzerland

Ms. Emilie PONS
Trade and Agriculture Directorate
Agro Food Trade and Markets
OECD
2, rue Andre-Pascal
F-75775 PARIS CEDEX 16
France

M. Alexandre BIAU
Bureau des Relations Extérieures de l'Union européenne
Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (MAP)
Direction Générale des Politiques Economique,
Européenne et Internationale (DGPEI)
Service des Relations Internationales/Sous- Direction des Affaires
Européennes
3 rue Barbet de Jouy
F-75 349 PARIS 07 SP
France

Mme Mylène TESTUT
Bureau de la biomasse, des biocarburants, des bioénergies et des
biomatériaux
Service de la Production et des marchés
MAP/DGPEI
3 rue Barbet de Jouy
F-75 349 PARIS 07 SP
France

Mr. Henk WARDENAAR
Ministry of Transport, Public Works and Water Management
DGP
P O Box 20901
Plesmanweg 1-6
NL-2500 EX THE HAGUE
The Netherlands

Mrs. Martina BEKE
Attachée
Norwegian Delegation to the OECD
33, rue de Franqueville
F-75116 PARIS
France

Mr. Jean-Jacques BENEZIT
Conseiller économique et agricole
Delegation permanente de la France auprès de l'OCDE
5 rue Oswaldo Cruz
75016 Paris
France

Ms. Katarina ISAKSSON
Swedish Delegation to the OECD
2 rue du Conseiller Collignon
75116 Paris
France

SECRETARIAT FORUM INTERNATIONAL SUR LES TRANSPORTS

Mr. Jack SHORT
Secrétaire Général

Mr. Alain RATHERY
Secrétaire Général Adjoint

CENTRE CONJOINT DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS OCDE/FIT

Mr. Stephen PERKINS
Chef du Centre Conjoint de Recherche sur les Transports

Dr. Michel VIOLLAND
Administrateur
Centre Conjoint de Recherche sur les Transports

Mr. Jari KAUPPILA
Administrateur
Centre Conjoint de Recherche sur les Transports

Mr. Philippe CRIST
Administrateur
Centre Conjoint de Recherche sur les Transports

Mrs. Julie PAILLIEZ
Assistante
Centre Conjoint de Recherche sur les Transports

Mlle Françoise ROULLET
Assistante
Centre Conjoint de Recherche sur les Transports

ÉGALEMENT DISPONIBLES

Systèmes nationaux de planification des infrastructures de transport. Série CEMT – Table Ronde 128^{ème} (2005)

(75 2005 10 2 P) ISBN 92-821-2343-X

L'offre de transports : les limites de la (dé)réglementation. Série CEMT – Table Ronde 129^{ème} (2006)

(75 2006 02 2 P) ISBN 92-821-2347-2

Transport et commerce international. Série CEMT – Table Ronde 130^{ème} (2006)

(75 2006 13 2 P1) ISBN 92-821-1340-X

Les transports et la décentralisation. Série CEMT – Table Ronde 131^{ème} (2006)

(75 2006 12 2 P1) ISBN 92-821-1344-2

Investissements en infrastructures de transport et productivité de l'économie. Série CEMT – Table Ronde 132^{ème} (2007)

(74 2007 04 2 P1) ISBN 978-92-821-0126-1

La (dé)réglementation du secteur des taxis. Série CEMT – Table Ronde 133^{ème} (2007)

(74 2007 02 2 P1) ISBN 978-92-821-0116-2

Accès au marché, commerce des services de transport et facilitation des échanges. Série CEMT – Table Ronde 134^{ème} (2007)

(74 2007 05 2 P1) ISBN 978-92-821-0148-3

Tarification des infrastructures de transport et dimensionnement de la capacité : L'autofinancement de l'entretien et de la construction des routes. Série CEMT – Table Ronde 135^{ème} (2007)

(74 2007 01 2 P1) ISBN 978-92-821-0110-0

Estimation et évaluation des coûts de transport. Série CEMT – Table Ronde 136^{ème} (2007)

(74 2007 06 2 P1) ISBN 978-92-821-0153-7

Transport, formes urbaines et croissance économique. Série CEMT – Table Ronde 137^{ème} (2007)

(74 2007 07 2 P1) ISBN 978-92-821-0166-7

Vous pourrez recevoir par email des informations sur les nouvelles publications de l'OCDE en vous inscrivant sur www.oecd.org/OECDdirect

Vous pourrez les commander directement sur www.oecd.org/bookshop

Vous trouverez des informations complémentaires sur la CEMT sur www.cemt.org

LES ÉDITIONS DE L'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE
(74 2008 02 2 P) ISBN 978-92-82-10181-0 – n° 55996 2008

BIOCARBURANTS : LIER LES POLITIQUES DE SOUTIEN AUX BILANS ÉNERGÉTIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

Les biocarburants ont reçu 15 milliards de dollars de subventions en 2007 au sein des pays membres de l'OCDE. Ont-ils pour autant délivré des bénéfices en termes de changement climatique ou de sécurité d'approvisionnement énergétique ? Les politiques actuelles en la matière n'établissent pas de liens entre les soutiens aux biocarburants et leurs performances effectives alors même que tous les biocarburants sont loin précisément d'avoir le même degré de performances environnementales.

Dans les faits, nombre de productions actuelles de biocarburants peuvent aboutir à des émissions de gaz à effet de serre supérieures à celles de l'usage des carburants conventionnels, essence ou diesel.

Les rapports contenus dans cette publication examinent la dimension économique des biocarburants et évaluent le potentiel de production de biocarburants conventionnels au sein des pays de l'OCDE. Les rapports évaluent également le potentiel d'exportation de l'éthanol brésilien et celui de certains biocarburants de seconde génération et ceci en fonction de leur capacité même à alimenter les marchés mondiaux de carburants pour les transports.

La Table Ronde a analysé les aspects critiques qui doivent guider les gouvernements dans la formulation de soutiens aux biocarburants, notamment les émissions de gaz à effet de serre dans la perspective des cycles de vie de ces carburants et de ceux de la biomasse agricole. Sont également analysés, les récents progrès en matière d'élaboration de systèmes de certification pour les biocarburants, systèmes essentiels pour établir un lien entre les politiques de soutien et des réductions avérées d'émissions de gaz à effet de serre même si l'on ne peut s'attendre à ce que de tels systèmes de certification empêchent la destruction des forêts tropicales au bénéfice de plantations destinées à la production de biocarburants.

Cette publication se conclue par une liste synthétique de recommandations sur les infléchissements qu'il y a lieu d'apporter aux politiques si l'on veut que les soutiens aux biocarburants contribuent effectivement à une réduction des émissions de gaz à effet de serre.



www.internationaltransportforum.org

éditions **OCDE**
www.oecd.org/editions

(75 2008 02 2 P1) ISBN 978-92-82-10181-0



9 789282 101810