

Très intéressant
pour l'ensemble du
MEEDDAT et du TIAP/

→ DGC y

→ D SL



AGROCARBURANTS ET ENVIRONNEMENT

Avant-propos : Yvon LE MAHO,

Président du CSPNB

Préface : Michèle PAPPALARDO,

Commissaire générale au développement durable

Message aux décideurs : Eric VINDIMIAN,

Chef du service de la recherche, MEEDDAT

Coordination du document : Jean-Marc SALMON,

ETOS/TELECOM & Management Sud Paris

10 décembre 2008

AVANT- PROPOS

Yvon LE MAHO

Directeur de Recherche CNRS

Membre de l'Académie des Sciences

Président du Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité

Dans sa loi d'orientation agricole de janvier 2006, le gouvernement français a fixé pour nouvel objectif d'aller au-delà des engagements communautaires en accélérant la mise en œuvre du développement des agrocarburants industriels. L'idée était d'atteindre dès 2008 l'objectif européen de 5,75% d'incorporation des biocarburants fixé pour 2010 et d'atteindre 10% en 2015.

Le Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité (CSPNB) est certes conscient de l'importance et de l'urgence de faire face aux enjeux du changement climatique. L'ampleur du nouveau plan biocarburants et le constat qu'il avait été conçu et promu sans une étude d'impact global préalable, a donc amené le CSPNB à s'interroger sur ses impacts potentiels sur la biodiversité ainsi que sur l'usage et la qualité des eaux.

En émettant dès 2006 la recommandation de lancer un programme d'étude abordant l'ensemble des enjeux environnementaux associés à la stratégie de développement des agrocarburants, le CSPNB a demandé qu'une telle étude d'impact soit engagée sans tarder.

La crise alimentaire actuelle, qu'elle soit prise sous l'angle de la concurrence entre production d'agrocarburants et assurance des besoins alimentaires, ou bien des contraintes liées à l'augmentation du prix du pétrole, ou encore de la spéculation financière sur les céréales, renforce de toute évidence la nécessité, l'urgence et le caractère global de cette étude d'impact.

Dans ce contexte, les séminaires organisés par le Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire à Grenoble et à Paris, dont est issu le présent rapport, constituent une étape importante. Ils constituent une base de réflexion très appropriée pour développer la recherche scientifique et l'expertise, dans une approche qui apparaît nécessairement devoir être pluridisciplinaire.

L'EXPERTISE AVANT TOUT

Michèle PAPPALARDO,
Commissaire générale au développement durable

Aujourd'hui, l'enjeu écologique est sous les feux de l'actualité, nous savons que nous ne pourrions pas poursuivre la consommation des ressources fossiles et les émissions de gaz à effet de serre comme nous l'avons fait pendant les trois dernières décennies. Nous devons trouver des solutions durables basées sur des ressources renouvelables.

L'utilisation de la biomasse végétale pour produire des carburants liquides constitue une proposition en ce sens soutenue par de nombreux pays et par le monde agricole.

L'Union européenne, chacun des Etats membres, les Etats-Unis, le Brésil, le Japon et bien d'autres pays, tous se sont lancés dans des politiques ambitieuses de développement du pétrole vert. Les mécanismes d'alerte sur la fin du pétrole abondant et les risques climatiques ont donc fonctionné. Pourtant des critiques s'élèvent qui concernent l'absence de prise en compte des risques environnementaux sur le cycle de l'eau, les pesticides, les fertilisants, la déforestation, la perte de biodiversité. Certains économistes dénoncent la fragilité des équilibres des prix agricoles et leur sensibilité à de petites perturbations sur les marchés.

Je n'ai pas de réponse à ces critiques mais j'ai, en revanche, la responsabilité d'éclairer le débat politique par la connaissance, de solliciter le monde de la recherche pour comprendre les réels enjeux économiques, environnementaux et sociaux. C'est cet éclairage en amont des décisions qui doit fonder la gouvernance d'une société du développement durable.

Je voudrais souligner dans ce contexte le rôle important du Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité (CSPNB). Dans un avis publié en janvier 2007 ce conseil avait notamment déclaré : « *le CSPNB recommande de lancer un programme d'étude abordant l'ensemble des enjeux environnementaux associés à la stratégie de développement des agrocarburants.* »

Les experts du ministère se sont donc emparés du dossier des agrocarburants et ont mobilisé leurs capacités de réflexion prospective. Un des éléments les plus visibles est le séminaire "Agrocarburants et développement durable", organisé à Grenoble les 28 et 29 janvier par le LEPII-CNRS. Je remercie Patrick Criqui et son équipe pour avoir organisé avec beaucoup de motivation cet événement très important pour la réflexion prospective. D'autres séminaires se sont tenus au ministère sur le contexte international, le 1^{er} avril 2008 et sur les modes d'occupation des sols le 22 mai 2008.

Nous avons voulu que ce débat soit de haut niveau scientifique, international et ouvert à toutes les parties prenantes. C'est ainsi que des experts de l'AIE (Agence internationale de l'énergie), de la CNUCED (Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement) et de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économique) sont venus nous éclairer de leur réflexion stratégique. Le coordinateur interministériel sur les sujets de biomasse ainsi que des agents des ministères concernés et des organisations non gouvernementales étaient présents au séminaire de Grenoble.

Le présent rapport vient donc à point, au moment où le monde s'interroge sur la politique de développement des usages énergétiques de la biomasse pour éclairer la décision publique et probablement nourrir une réflexion qui est loin d'être terminée.

Les agrocarburants : message aux décideurs

*Eric VINDIMIAN,
Chef du service de la recherche
Direction de la recherche et de l'innovation
Commissariat général au développement durable
MEEDDAT*

Les enjeux énergétiques et ceux liés au changement climatique bouleversent nos sociétés habituées, malgré les choc pétroliers des années 70, aux bénéfices d'une énergie abondante et bon marché très majoritairement assise sur des ressources fossiles. Au moment où la demande mondiale s'accroît du fait des besoins des pays émergents, nous doutons de notre capacité à faire aboutir une négociation internationale sur les émissions de gaz à effet de serre (GES). Nous savons, car les scientifiques du GIEC nous l'ont clairement écrit, que cette négociation est nécessaire pour éviter à l'humanité des disruptions majeures et qu'elle nous demandera des efforts très importants, probablement d'un niveau auquel nous n'avons jamais consenti en temps de paix.

Or ces dernières décennies ont été celles de la mobilité. Jamais la capacité de déplacement n'a été aussi importante à l'échelle locale et à l'échelle de la planète. Le véhicule tout terrain qui s'affranchit de l'infrastructure routière elle-même pour atteindre les endroits les plus reculés et le vol à bas coût qui vous conduit dans les îles les plus éloignées dès le lendemain d'une journée de labeur sont les symboles de ce rêve de parcourir la planète en toute liberté. Il s'agit bien souvent d'un appel à parcourir des espaces naturels encore préservés dont il faut admettre qu'ils sont de plus en plus éloignés de nos villes. Dans un tel contexte l'éventualité de disposer de carburants liquides, indépendants des ressources fossiles, donc sans perturbation des stocks de carbone planétaire, est venue au secours du rêve brisé. Nous aurions la possibilité de produire, grâce à notre agriculture, les carburants dont nous avons besoin. Le carbone viendrait de l'atmosphère, et on sait qu'il y est plutôt surabondant, le travail du sol de nos agriculteurs dont on connaît la capacité à relever ce type de défi et la technologie feraient le reste, c'est à dire le lien entre la production potentielle et les usages au sein des véhicules. Il n'en fallait pas plus pour que des décisions rapides soient prises. Nous étions dans l'urgence, le pic de production pétrolière était à l'horizon, la compétition avec des pays exportateurs d'agrocarburants se profilait et le GIEC poussait à agir pour limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Sur quelles évaluations scientifiques se basaient les décisions prises? L'optimisme technologique et l'attrait de solutions techniques garantissant la poursuite du développement actuel et de nos besoins de mobilité n'ont-ils pas pris le dessus sur l'objectivité de l'analyse? Les perspectives d'un renouveau des débouchés agricoles ont-elles pesé dans la balance?

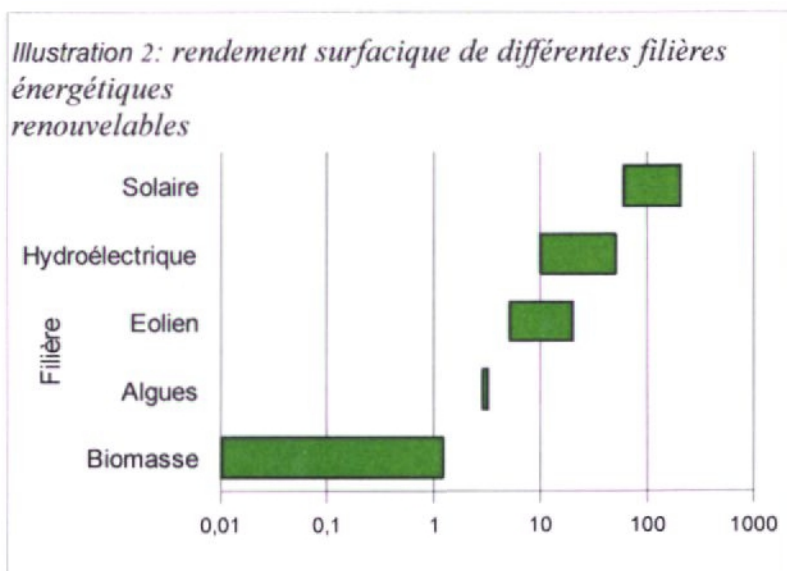
Comme souvent dans de telles situations complexes les polémiques sont devenues féroces. L'envolée du prix des céréales : c'est la faute aux agrocarburants! La déforestation dans les pays tropicaux : idem! Les efforts pour limiter l'usage des engrais et les rejets de pesticides seraient annihilés par les nouvelles politiques d'incorporation d'agrocarburants dans l'essence et le gazole. Dans l'autre camp les projets de développement de bioraffineries se multiplient. La chimie verte promet de valoriser l'ensemble des co-produits de la synthèse des agrocarburants. Les constructeurs automobiles proposent des voitures écologiques, utilisant largement l'éthanol, donc émettant en théorie peu de gaz à effet de serre ; de quoi largement déculpabiliser les conducteurs de grosses cylindrées, un instant montrés du doigt pour leur inutile contribution aux émissions.

Les alertes de certains chercheurs, notamment impliqués dans le domaine de la biodiversité, et l'avis du Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité de 2007 ont fondé le travail de prospective lancé en 2007 par le service de la recherche. Ce regard critique a été depuis conforté par différents rapports de l'OCDE, de l'agence européenne de l'environnement

et des prises de position critiques de plusieurs états membres de l'union européenne.

Nous avons voulu faire le point, avec les scientifiques les plus compétents dans l'ensemble des volets de ce dossier complexe. Nous avons recherché l'objectivité, pointé aussi bien ce qui était su que, et c'est souvent immense, ce que nous ignorions. Voulu explorer les enjeux énergétiques, agricoles, environnementaux et économiques. Il en découle ce rapport aux multiples facettes où la technicité reste présente quand c'est nécessaire et où l'ensemble du message est destiné aux responsables des politiques publiques. Notre exploration porte sur l'ensemble des agrocarburants. On distinguera trois générations : 1) les agrocarburants qui utilisent les réserves amidonnées ou oléagineuses des plantes (le grain), 2) les agrocarburants basés sur la conversion des tissus de soutien formés de cellulose et de lignine (la paille), 3) les microorganismes photosynthétiques comme les algues capables de synthétiser de grandes quantités de molécules carbonées notamment des huiles.

Un des premiers éléments qu'il faut considérer est l'aspect énergétique du problème. Cet aspect doit être présent à l'esprit en permanence car il permet une comparaison juste des différentes solution pour la fourniture d'énergie aux activités économiques à partir d'une seule variable : la puissance, c'est à dire la quantité d'énergie disponible en un temps donné.



Les agrocarburants se situent dans la zone des rendements les plus faibles, ils sont de fait limités par le rendement de la photosynthèse qui est très faible (<1%). La troisième génération, utilisant des algues, restera largement moins efficace que les solutions « électriques » quelles qu'elles soient, notamment l'utilisation de l'énergie solaire. Il importe d'avoir ces considérations à l'esprit, d'autant qu'est souvent évoquée la faiblesse du rendement photovoltaïque pour critiquer ce mode de production d'énergie. De fait, il s'agit bien de la source d'électricité la plus rentable en termes de surface mobilisée.

Les agrocarburants n'ont donc pas d'autre justification que celle de fournir du carburant utilisable pour les transports en substitution des carburants d'origine fossile. Il s'agit de fait d'une solution de stockage d'une forte quantité d'énergie pour une masse relativement faible. La mise au point d'une solution fiable, rentable et de masse raisonnable pour le stockage de l'énergie électrique, suffirait à disqualifier les agrocarburants, sauf en cas d'enjeux d'approvisionnement de certains matériaux pour cette solution. Or les véhicules hybrides à stockage d'énergie font partie des solutions technologiques envisageables. Par ailleurs, toute solution qui permettrait le transfert des flux de véhicules individuels vers des transports électriques guidés sera potentiellement plus efficace que l'utilisation d'agrocarburants.

Le deuxième point à considérer est celui de l'échelle du problème et de ses solutions. L'enjeu de la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre est de réduire les émissions d'un facteur 4 dans les pays industrialisés comme la France. On sait que les émissions des

sources fixes ont un potentiel de diminution important lié aux différentes possibilités de substitution des sources fossiles par de l'électricité d'origine nucléaire, aux progrès attendus de la consommation des bâtiments et de l'industrie, à la possibilité de production d'électricité *in situ* et à l'utilisation du solaire thermique. Il est cependant illusoire de compter sur les seules émissions fixes pour atteindre cet objectif. Il faut donc s'attendre à devoir diminuer également d'un facteur 4 les émissions des sources mobiles, celles qui utiliseront les agrocarburants. Or les visions les plus optimistes des possibilités technologiques ne permettent d'envisager pour ces sources qu'un facteur 2, et seuls les scénarios impliquant un changement des comportements permettent d'atteindre l'objectif².

Le présent rapport montre que l'objectif de 10% d'incorporation d'agrocarburants n'est pas réalisable sans la mobilisation de nouvelles terres. Si l'on considère la moyenne de réduction des émissions de GES des agrocarburants, qui est de 65% d'après l'étude ADEME/DIREM, on note que cet objectif maximal atteignable de 10% d'incorporation conduit à un gain net maximal en GES de 6,5%. Nous sommes donc, en toute hypothèse extrêmement loin de l'objectif de réduction des émissions de CO₂. On peut donc affirmer que la substitution des carburants fossiles par les agrocarburants n'est pas une solution à l'échelle du problème des émissions de gaz à effet de serre par les sources mobiles. Cela conduit également à considérer que la mise sur le marché de véhicules fonctionnant essentiellement à l'aide d'agrocarburants (E85) revêt un caractère marginal dont il est à craindre que les effets pervers sur les efforts de consommation ne l'emportent sur les bénéfices environnementaux.

Une promotion irraisonnée des agrocarburants en tant que solution aux problèmes du changement climatique serait donc potentiellement source de confusion dans la population en lui laissant espérer un maintien du développement de la mobilité via le transport automobile individuel. Les demandes récentes des constructeurs automobiles placés sur les segments élevés du marché pour obtenir une révision du système de bonus-malus au profit des véhicules pouvant fonctionner à l'éthanol³ illustrent ce risque.

Le troisième point est celui des impacts de l'agriculture sur l'environnement. L'étude montre que ceux-ci sont potentiellement nombreux, ce qui encourage à l'adoption de mesures de précaution. Le développement des cultures d'agrocarburants pourrait provoquer une augmentation de l'utilisation des intrants azotés et phosphorés responsables des phénomènes d'eutrophisation dans les eaux douces et littorales. L'usage des pesticides pourrait également être renforcé, ces cultures étant fragiles. Cela pose le problème du risque accru de non respect des directives européennes concernant la qualité des eaux.

L'utilisation des jachères pourrait ruiner les efforts très récents de conciliation des activités agricoles avec les politiques de protection de la biodiversité (espèces messicoles, végétalisation des haies et bordures de champs, zones d'habitat des oiseaux...) Le Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité dont l'alerte est à l'origine du présent travail a insisté fermement sur ce point. Les risques sur la fonction essentielle des sols en matière de stockage du carbone, donc de limitation des émissions de CO₂, n'ont pas été évalués. S'ils s'avéraient importants il faudrait alors considérer que les agrocarburants constituent un remède pire que le mal, y compris ceux de la deuxième génération. L'importation d'agrocarburants pourrait également constituer une source d'externalisation des problèmes environnementaux vers les pays du sud, toujours au détriment de la biodiversité, mais également des services apportés par les écosystèmes aux populations locales. L'objectif d'arrêt de perte de biodiversité à l'échelle planétaire en 2010 ne peut être considéré avec un niveau de priorité moindre que l'objectif climatique.

Enfin, les experts sont divisés sur le rôle que pourrait jouer la culture des agrocarburants dans

² Voir à ce sujet les conclusions de l'étude Predit : *Comment satisfaire les objectifs internationaux de la France en termes d'émissions de gaz à effet de serre et de pollution transfrontières*. Disponible à l'URL suivante : http://halshs.archives-ouvertes.fr/view_by_stamp.php?&halsid=e5o5c9ocfg78asvet2766h8pa4&label=LET&langue=fr&action_todo=view&id=halshs-00293725&version=1

³ Phénomène connu dans le monde anglo-saxon sous le terme de *green-washing* : utilisation d'un argument écologique erroné pour promouvoir une activité.

les émissions de protoxyde d'azote, GES trois cent plus générateur d'effet de serre que le dioxyde de carbone. Cette division, déclenchée par Paul Crutzen, prix Nobel, mérite une considération sérieuse et le lancement de recherches pour améliorer les connaissances. Si les assertions de Crutzen s'avéraient exactes, l'amélioration escomptée fondrait comme neige au soleil.

Il est donc plus que souhaitable que toute décision publique concernant les agrocarburants soit fondée sur des analyses fines et détaillées des impacts environnementaux. Ces analyses ne sont pas triviales, ni pour les agrocarburants ni pour les technologies de stockage de l'énergie électrique. Les méthodes manquent pour évaluer finement les nombreux impacts envisageables. L'intégration de tous les éléments dans des analyses de cycle de vie n'est pas encore réalisée et des recherches méthodologiques sont également nécessaires.

Un quatrième élément concerne l'économie de l'ensemble du système. Les agrocarburants ont été accusés d'être à la source des perturbations récentes des marchés agricoles. Il est fort probable qu'ils ne portent pas seuls cette responsabilité, une analyse fine montrant que la situation est très différente selon les filières de production. Il reste que l'impact pourrait augmenter avec l'intensification de l'usage des agrocarburants. Les risques de conséquences indirectes, par exemple sur le coût des terres agricoles dans les pays du sud, doivent être considérés avec sérieux.

Il convient également de tenir compte du coût des mesures incitatives qui pèse sur les finances publiques. Le développement des agrocarburants pourrait donner lieu à un retour des subventions agricoles dont les impacts sur l'ensemble des économies doit être évalué. De fait la rentabilité des agrocarburants sans subvention n'est toujours pas assurée sauf exception.

Les subventions envisagées au niveau européen devraient tenir compte des considérations environnementales. Les négociations avec l'OMC ne sont pas gagnées d'avance, d'autant qu'aucun système de certification agréé mondialement n'est disponible pour définir ce que serait un agrocarburant produit durablement. Il est illusoire de penser que de tels consensus sur les critères de certifications pourraient être obtenus rapidement. Aux incertitudes scientifiques viendront certainement s'ajouter des considérations politiques qui pourraient faire durer les discussions au delà du raisonnable. L'Europe n'a probablement pas la capacité d'imposer seule un système de certification.

Si l'on considère maintenant les possibilités offertes par les agrocarburants de deuxième et de troisième génération chacun s'accorde à un plus grand optimisme. Il reste que les agrocarburants de deuxième génération posent encore des problèmes technologiques importants. Des problèmes logistiques doivent aussi être pris en compte. Les unités rentables devraient avoir une très grande taille, ce qui implique des zones de chalandise très importantes, donc une diminution des rendements attendus en termes d'économie de gaz à effet de serre. Il est peu probable que le rendement pour la production d'éthanol à partir de la biomasse lignocellulosique dépasse celui de la canne à sucre, ce qui laisse penser qu'il y aura cohabitation entre les deux générations au moins pour l'éthanol et maintien d'un avantage aux pays du sud.

La troisième génération est beaucoup plus prometteuse en matière de rendement⁴ puisqu'on pourrait atteindre 3 W par m². Les dispositifs seraient spécifiques puisqu'il s'agit de concentrer les flux de photons sur des systèmes de cultures de microorganismes. Il reste que même avec un rendement accru la production d'huile par des microorganismes nécessitera des surfaces en compétition avec l'agriculture à vocation alimentaire ou la production d'électricité solaire.

La croissance économique reste fortement couplée à celle de la mobilité. Il est peu probable que nous assistions dans les années à venir à un découplage autre que marginal. Les politiques publiques doivent donc envisager des solutions qui permettent cette mobilité tout en étant compatibles avec de faibles émissions de gaz à effet de serre. Dans ce cadre, il importe de concevoir des politiques publiques coût-efficaces et cohérentes sur le long terme. Une politique de développement des agrocarburants doit donc s'évaluer dans un ensemble d'alternatives et de mesures complémentaires qu'il convient d'analyser conjointement.

⁴ La limitation biophysique tient à la photosynthèse dont le rendement n'est que de 1%.

Nous avons vu que la seule justification des agrocarburants vient de la recherche d'une énergie pour les usages mobiles. D'autres solutions existent pour diminuer drastiquement l'impact de la mobilité sur le changement climatique. Le transfert modal vers des transports ferroviaires implique des efforts d'investissements importants et des changements de comportements qui dépendent des politiques publiques. La France est plutôt bien placée dans ce secteur du fait de son double investissement dans les technologies ferroviaires et dans la production d'électricité nucléaire.

Les véhicules individuels sont capables de progrès sensibles en matière d'efficacité énergétique. Ces progrès ont jusqu'alors été antagonisés par l'augmentation du parc et du poids des véhicules. Des changements de comportements sensibles sont à l'œuvre et semblent assez rapides. Des mesures plus drastiques pourraient être prises, comme des limitations de vitesse supplémentaires. Des véhicules hybrides capables de stocker suffisamment d'énergie électrique pour les usages les plus courants sont à la portée des évolutions technologiques envisageables sans révolution. Il paraît donc important de garder à l'esprit l'importance des économies d'énergie et des modes alternatifs et surtout du couplage de l'ensemble. Ainsi, si le système de transport permet à la fois des déplacements à grande distance par la voie ferroviaire, des déplacements urbains au sein de réseaux de transports en commun efficaces et des déplacements locaux essentiellement électriques les économies d'émissions de gaz à effet de serre sont potentiellement considérables, sans commune mesure avec ce qui peut être obtenu par l'incorporation d'agrocarburants.

Les bénéfices attendus de l'incorporation des agrocarburants ne sont pas tels qu'ils imposent des décisions urgentes. Un approfondissement des recherches est nécessaire avant de trancher. Ces recherches, outre les technologies de production d'agrocarburants, doivent concerner l'ensemble des enjeux économiques, sociaux, agronomiques, géopolitiques et environnementaux et les méthodologies de leur intégration. Tout cela ne saurait être dissocié des recherches sur la mobilité dans son ensemble et sur l'ensemble des sources de diminution des émissions de gaz à effet de serre. Les décisions politiques éclairées pourront ainsi prendre en compte une vision globale du système et intégrer également des considérations de compétitivité, comme la prise en compte des points forts de la France qui sont originaux en matière d'énergie et de transports. Il s'agit bien de passer d'une vision environnementale par filière à une approche de développement durable, nécessairement holistique.

REMERCIEMENTS

Les contributions au document ont été rédigées par : Daniel Delalande, MEEDDAT, Christophe Gouel, INRA, Lew Fulton, AIE, Philippe Girard, 2IE, Jean-Claude Guesdon, Institut de l'élevage, Serge Muller, CNRS, Etienne Poitrat, ADEME, Emilie Pons, IEP, Xavier Poux, Asca, Ignacy Sachs, EHESS, Jean-Marc Salmon, TELECOM & Management SudParis, Jean-Bernard Saulnier, CNRS, Bernard Seguin, INRA.

Ces contributions sont le fruit de séminaires initiés par le MEEDDAT. Ce document doit beaucoup à celui organisé par le LEPII à Grenoble les 28 et 29 janvier 2008. Le comité de pilotage, présidé par Patrick Criqui, directeur du LEPII, comprenait Luc Abbadie, CNRS, Lucien Chabason, IDDRI, Daniel Clément, ADEME, Daniel Delalande, MEEDDAT, Ghislain Gosse, INRA, Michel Griffon, ANR, Nicole Mermillod, CEA, Etienne Poitrat, ADEME, Alexandre Rojey, IFP, Jean-Marc Salmon, TELECOM & Management SudParis et Jean-Bernard Saulnier, CNRS.

Carole Hohwiller a été la cheville ouvrière de ce séminaire et Judith Raoul Duval, avec Marion Briens, a joué un rôle analogue pour les séminaires organisés par le MEEDDAT. Véronique Barre a assuré un lien étroit avec le CSPNB.

Thierry Caquet et Dominique King, respectivement président du conseil scientifique du programme de recherche Pesticides et GESSOL ont fait part de leurs remarques sur l'introduction au chapitre II, Claude Millier, président du conseil scientifique du programme GICC, a fait de même pour celle du III et Patrick Criqui, LEPII, pour celles du IV et du V. Il va de soi que les idées exprimées sont celles de l'auteur.

Au SRP, Laurence Colinet et Anne Lieutaud, chefs de bureau, Marion Bardy, chargée de mission, ont collaboré à la préparation du document.

Le comité de lecture, composé de Thierry Caquet, INRA, Patrick Criqui, CNRS, Dominique King, INRA, Claude Millier, AgroParisTech, et Cédric Philibert, AIE, est particulièrement remercié.

Finalement, l'aide du chef du SRP, Eric Vindimian, est particulièrement reconnue.

TABLE DES MATIÈRES

<i>Sigles, abréviations, symboles et définitions</i>	p. 18
<i>En bref...</i>	p. 21
<i>I Les filières française d'agrocarburants de première génération</i>	p. 23
Production, usages et incitations publiques des agrobiocarburants en France : une introduction (Daniel Delalande)	p. 25
<i>II Les impacts des agrocarburants de première génération sur l'environnement</i>	p. 37
Les impacts environnementaux : une introduction (Jean-Marc Salmon)	p. 39
Contribution au débat sur les bilans en termes d'émission de GES : la polémique récente sur le poids du protoxyde d'azote (Bernard Seguin)	p. 47
Le développement prévu des agrocarburants est-il compatible avec l'engagement de la France d'arrêter en 2010 l'érosion de la biodiversité sur son sol ? (Serge Muller)	p. 49
Quelles contributions des sciences chimiques et des sciences de l'ingénieur à la méthodologie d'évaluation de l'impact environnemental des agrocarburants ? (Jean-Bernard Saulnier)	p. 55
Méthodologie pour établir un référentiel des bilans d'énergie, de gaz à effet de serre et des polluants atmosphériques locaux des biocarburants de première génération en France (Étienne Poitrat)	p. 57
<i>III L'occupation des sols par les agrocarburants en France à l'horizon 2015</i>	p. 61
La concurrence pour l'espace en France d'ici 2015 : une introduction (Jean-Marc Salmon)	p. 63
Scénarios de développement des agrocarburants : quels impacts sur l'emprise agricole ? (Xavier Poux)	p. 69
Élevage et agrocarburants (Jean-Claude Guesdon)	p. 75
<i>IV Le contexte global</i>	p. 79
Les agrocarburants et les interactions globales entre l'environnement, l'agriculture et l'énergie : une introduction (Jean-Marc Salmon)	p. 81
La certification durable des agrocarburants : compatibilité de la proposition Européenne avec les règles de l'OMC (Émilie Pons)	p. 91
Les causes de la crise alimentaire mondiale : une analyse (Christophe Gouel)	p. 99
Agrofuels : a Lever for Inclusive and Sustainable Development ? (Ignacy Sachs)	p105
<i>V Les agrocarburants de deuxième génération</i>	p107
Les agrocarburants de deuxième génération : une introduction (Jean-Marc Salmon)	p109
Les biocarburants de seconde génération : état des lieux et perspectives (Philippe Girard)	p115
Biofuels : What Role in Sustainable Energy Development ? (Lew Fulton)	p125
<i>Références</i>	p131
<i>Annexe A, Avis</i>	p135
<i>Annexe B, Productions mondiales et échanges nets d'agrocarburants :</i>	

estimations entre 2005 et 2007, projections en 2017.	p141
Annexe C, Les huiles végétales pures en France	p143

Tables des cartes, figures, graphiques et tableaux

Table des cartes

Sites de production en France de la filière AC essence (éthanol) à l'horizon 2010	p. 28
Sites de production en France de la filière AC diesel à l'horizon 2010	p. 29
Localisation des usines de biodiesel et rayon de livraisons possible de colza	p. 65
Localisation des usines d'éthanol et rayon théorique de livraisons possibles	p. 65

Table des figures

Les filières d'agrocarburants de première génération en France	p. 25
Procédé de fabrication des AC diesel	p. 25
Procédé de fabrication de l'éthanol	p. 26
Les carburants alternatifs aux produits pétroliers	p116
Schéma de principe de la synthèse de biocarburants à partir de biomasse	p119
Les étapes du traitement des gaz avec ou sans refroidissement du gaz	p121

Table des graphiques

Évolution du revenu agricole par UTA de 1980 à 2007	p. 76
Évolution des prix mondiaux des céréales et des oléagineux jusqu'en 2017	p. 87
Évolution des stocks mondiaux de blé entre 1970 et 2007	p100
Indices des prix alimentaires, du fret et du pétrole, 1997- 2007	p101

Table des tableaux

Évolution des consommations d'agrocarburants en France (2006 à 2010)	p. 26
Évolution des taux d'incorporation des agrocarburants en France (2006 à 2010)	p. 27
Évolution des capacités de production en France entre 2008 et 2010	p. 27
Évolution des exonérations des AC entre 2005 et 2007	p. 30
Unités de production d'éthanol carburant en France, et coproduits associés	p. 33
Unités de production d'AC diesel en France et quantité de produits associés	p. 34
Les principaux pays européens producteurs d'AC en 2006	p. 35
Les principaux producteurs mondiaux d'éthanol entre 2005 et 2007	p. 35
Les principaux producteurs mondiaux d'AC diesel entre 2005 et 2007	p. 35
Les pressions sur l'environnement : liens à la biodiversité des zones Cultivées	p. 41
Matrice des risques des cultures énergétiques (zone Atlantique centrale)	p. 42
Structure du coût de productions animales. Impact du prix du pétrole	p. 77
Les trois premiers producteurs mondiaux d'AC en 2008 (estimations)	p. 81
Subventions aux AC par litre net de carburant fossile substitué	p. 82
Subventions aux AC par tonne d'équivalent CO2	p. 82
Rendement comparatif des matières premières pour la production d'éthanol	p. 83
Les principaux pays exportateurs d'éthanol en 2007	p. 86
Productivité comparée des biocarburants de première et seconde génération	p117
Les différentes étapes du traitement des gaz avec ou sans refroidissement	p121

A Typology of liquids biofuels	p126
Feedstock yield assumptions for land-use estimates	p127
Demand for biofuels and land requirements in the scenario	p128
Productions mondiales d'AC éthanol : estimations 2005-07, projections en 2017	p141
Productions mondiales d'AC diesel : estimations 2005-07, projections en 2017	p142

SIGLES, ABRÉVIATIONS, SYMBOLES ET DEFINITIONS

AC	Agrocarburant
AC diesel	Agrocarburant pour la motorisation diesel
AC essence	Agrocarburant pour la motorisation essence
ACG1	Agrocarburant de première génération
ACG2	Agrocarburant de deuxième génération
ACG3	Agrocarburant de troisième génération
ACE	Aides aux Cultures Energétiques
ACP	Pays d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique
ACV	Analyse de Cycle de Vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AEE	Agence Européenne de l'Environnement
AGPB	Assemblée Générale des Producteurs de Blé
AIE	Agence Internationale de l'Énergie
ANACT	Accord Nord-Américain de Coopération dans le domaine du Travail
BTL	Carburant de synthèse
CCFD	Comité Catholique contre la Faim et pour le Développement
CE	Communauté Européenne
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CFTC	Commission américaine des marchés à terme de matières premières
CGAAER	Conseil Général de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Espaces Ruraux
CH ₄	Méthane
Cl	Chlore
CIRAD	Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CNUCED	Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
Coreper	Comité des représentants permanents
CSPNB	Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité
DME	Diméthyl Ether
E85	Mélange de carburants contenant 85% d'agrocarburants en volume
EEHV	Esher éthylique d'huile végétale
EJ	Exajoule
EMHA	Esther méthylique d'huile animale
EMHV	Ester méthylique d'huile végétale
ESP	Estimation de soutien aux producteurs
ETBE	Ethyl-tertio-butyl-ether
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FT	Fischer-Tropsch
GATT	Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce
GEB	Groupe d'Economie Bovine, Institut de l'élevage.
GES	Gaz à effet de serre
GESSOL	Gestion durable des sols (programme de recherche du MEEDDAT)
Gha	Milliards d'hectares
GHG	Gaz à effet de serre (abréviation anglaise)
GICC	Gestion et impacts du changement climatique (programme de recherche)
GIEC	Groupe international d'experts sur le changement climatique

Gj/ha	Milliards de joules par hectare
Gr.	Graine
H	Hydrogène
Ha	Hectare
HVP	Huile végétale pure
IEA	Agence Internationale de l'Energie (acronyme anglais)
IFEN	Institut Français de l'Environnement.
IFP	Institut français du pétrole.
IGE	Inspection Générale de l'Environnement
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique.
K	Potassium
kt	Milliers de tonnes
L/ha	Litre par hectare
LIFE	Programme européen de financement pour soutenir le développement durable
Mha	Millions d'hectares
MEEDDAT	Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
MTBF	Méthyl-tertio-butyl-éther
N ₂ O	Protoxyde d'azote
NPF	Nation la Plus Favorisée
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
OGM	Organisme Génétiquement Modifié
OIT	Organisation Internationale du Travail
OMC	Organisation Mondiale du Commerce
ONIGC	Office National Interprofessionnel des Grandes Cultures
ONU	Organisation des Nations Unies
OPEP	Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole.
OTC	Obstacles Techniques au Commerce (accord sur les)
PAC	Politique Agricole Commune
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur
PED	Pays en Développement
PIB	Produit Intérieur Brut
PMP	Procédés et Méthodes de Production
R-D	Recherche et Développement
RFS	Normes sur les carburants renouvelables aux Etats-Unis, faisant partie de la loi de 2005 sur l'énergie
RNN	Réserve naturelle nationale
S	Soufre
SAU	Surface agricole utile
SCEES	Service central des enquêtes et des études statistiques.
SPG, SPG+	Système de préférences généralisé
STOC	Suivi temporel des oiseaux communs
t/ha	Tonne par hectare
TANC	Terres agricoles non cultivées
TEC	Tarif extérieur commun
TGAP	Taxe générale sur les activités polluantes
UE	Union européenne
UFIP	Union française des industries pétrolières
USDA	Ministère américain de l'agriculture
W/m ²	Watt par mètre carré
ZnO	Oxyde de Zinc

Symboles

EUR/hl	Euro par hectolitre
ha.	hectare
l.	litre
M.	million
Mt.	millions de tonnes
p.a.	Per annum
ppm	partie par million
qx.	quintaux
USD	Dollar des Etats-Unis

Définitions

Les agrobiocarburants, ou encore agrocarburants, sont obtenus à partir d'une matière première végétale (biomasse). D'autres possibilités énergétiques d'utilisation de la biomasse existent, ou peuvent être envisagées, qui ne nécessitent pas l'usage de l'agriculture.

Les agrocarburants de première génération (ACG1) utilisent les organes de réserve de quelques plantes cultivées (graines de blé, tubercule du colza, tiges de la canne à sucre ou de la betterave, etc.). Leur production a été développée en France à partir de 1992 pour les moteurs diesel (filières huiles végétales) et essence (filière éthanol).

Les agrocarburants de deuxième génération (ACG2) restent l'objet de recherches, y compris dans des unités de production expérimentales. Elles visent à diminuer les coûts de production en utilisant les principaux constituants des plantes (tiges, branches, troncs). Les ressources utilisables sont largement répandues (agriculture, forêts, résidus de provenance diverse)

Les agrocarburants de troisième génération (ACG3) sont l'objet de recherche. Elles visent à améliorer encore la productivité en utilisant des algues, des microbes, etc.

EN BREF

La France était le deuxième producteur d'agrocarburants dans l'UE en 2006. Elle entend incorporer 10% d'agrocarburants dès 2015, et l'Union Européenne (UE) souhaite atteindre cet objectif pour 2020. Cependant la faiblesse du rendement énergétique de ces cultures dans les pays tempérés est un obstacle.

Selon des études commandées par le MEEDDAT⁵, la superficie de terres à mobiliser est importante : 1 million d'hectares de Terres Agricoles Non Cultivées (TANC) et peut-être autant de prairies, si la France entendait couvrir elle-même ses besoins domestiques en 2015.

Le lien entre la lutte contre le changement climatique et le développement des agrocarburants est devenu un objet de dissensions scientifiques. Ce développement des agrocarburants suppose des changements massifs d'occupation des sols. Chiffrer de façon rigoureuse, en France et en Europe, le déstockage du carbone au fur et à mesure du développement de l'emprise des cultures agroénergétiques est nécessaire, selon nos engagements internationaux dans le cadre de la convention climat (Rio, 1992).

Les émissions d'un autre gaz à effet de serre, le N₂O, sont objet d'une controverse internationale. Si les évaluations pessimistes se révélaient exactes, les cultures énergétiques dans les pays tempérés pourraient concourir à l'aggravation de l'effet de serre.

Pour clarifier ces questions, les recherches entreprises par l'UE sur le N₂O pourraient recevoir un plein soutien et une plus grande collaboration des institutions nationales de recherche.

Le rythme de conversion des terres pour les cultures énergétiques en France comme en Europe ferait franchir un seuil de dégradation environnementale des sols (érosion, tassement, acidification), des eaux et de la biodiversité dans les départements où se concentrera la production. Alarmé, le conseil scientifique de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) a demandé, en mars 2008, la révision de l'objectif européen des 10% d'incorporation en 2020.

Les limites physiques et écologiques sont telles que le recours aux importations apparaît inévitable. Les importations en France comme en Europe seront d'autant plus massives que la production d'agrocarburants sera coûteuse en subventions pour les pouvoirs publics. En 2008, le soutien public en France pourrait atteindre les 700 millions d'Euros. L'OCDE s'inquiète de l'ampleur des distorsions qui grèvent la rationalité économique des pays riches. La production d'agrocarburants n'est actuellement pas rentable dans les pays tempérés, à la différence des pays tropicaux où le rendement énergétique des cultures est jusqu'à deux fois plus élevé.

Déjà, l'OCDE et la FAO (Organisation des Nations unies sur le commerce et le développement) évaluent à 39% la part de la consommation d'éthanol de l'UE27 couverte par des importations. Les recherches pour chiffrer « la dette carbone » que provoque la délocalisation des cultures dans les pays tropicaux pourraient être encouragées.

Pour la FAO et l'OCDE, la concurrence croissante que livrent les agrocarburants aux besoins alimentaires pousse les marchés mondiaux des oléagineux et des céréales à la hausse, à l'encontre des progrès à attendre de la productivité agricole.

Les crises énergétiques, climatiques, alimentaires, et dans une certaine mesure financières, interagissent de plus en plus les unes avec les autres.

Sans stratégie de coopération visant à privilégier les synergies positives entre l'alimentation, l'environnement, et l'énergie, et plus largement le développement durable, ces crises risquent de se renforcer l'une-l'autre.

⁵ Poux X. & Chevillotte G., 2008, Elaboration de scénarios contrastés d'usages des sols agricoles associés aux agrocarburants, ASca, Paris.

Les valeurs du développement durable seraient affirmées si, à l'occasion de l'expansion des cultures énergétiques dans les pays tropicaux, s'ouvrait un nouveau cycle de développement rural respectueux des exploitations familiales et communautaires. Les experts de la CNUCED (Commission des Nations Unies pour le Commerce et le Développement) y voient un frein bienvenu à l'exode rural vers les bidonvilles des mégapoles.

Des experts de la Commission européenne, de l'OCDE et de l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie) souhaitent que les productions européennes et les importations justifient de critères de bonne conduite environnementale. Un processus de « certification verte » accepté par tous les pays préviendrait le risque de fraude et éviterait des litiges devant l'OMC (Organisation Mondiale du Commerce).

Les agrocarburants sont produits actuellement à partir des organes de réserves de certaines plantes cultivées (colza, tournesol, blé, maïs, soja, canne à sucre, principalement). On attend beaucoup des recherches sur une deuxième génération d'agrocarburants qui utiliserait l'essentiel de plantes (la lignocellulose) qui sont bien plus largement répandue (agriculture, forêt, résidus).

Les agrocarburants de deuxième génération soulèvent des attentes aussi fortes que celles qui entouraient les agrocarburants de première génération, il y a dix ans de cela. Ils demandent des investissements lourds en R-D (Recherche et Développement) pour les phases de démonstration. Des rapports de l'OCDE préconisent que parallèlement aux efforts pour faire sauter les verrous technologiques, des actions de recherche transdisciplinaires soient entreprises afin de resserrer les indéterminations qui entourent le potentiel des agrocarburants de deuxième génération : le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) situe les incertitudes dans une fourchette de 1 à 5.

L'intérêt de la France et de l'UE (Union Européenne) est que des expertises appropriées soient engagées afin de qualifier ces incertitudes et de proposer des méthodes pour les réduire.

La programmation des expertises et des recherches gagnerait à être contextualisée. D'un point de vue environnemental, quels pourraient être les meilleurs usages énergétiques de la biomasse ? Les carburants ? Ou les combustibles, comme le pensent certains experts de l'AEE ? Et, plus généralement, quels seraient les usages de la biomasse les plus positifs pour l'environnement ? L'énergie ? Ou les matériaux ?

Beaucoup de questions...

LES FILIERES FRANCAISES D'AGROCARBURANTS DE PREMIÈRE GÉNÉRATION

PRODUCTION, USAGES ET INCITATIONS PUBLIQUES DES AGROBIOCARBURANTS EN FRANCE : UNE INTRODUCTION

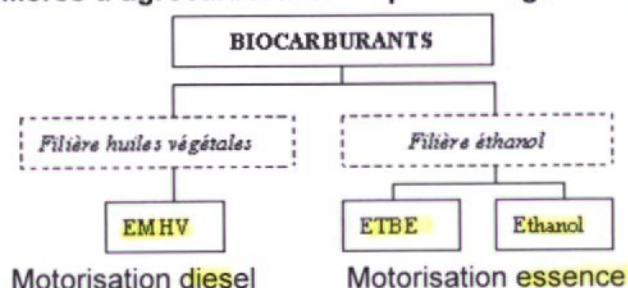
Daniel Delalande, MEEDDAT
daniel.delalande@developpement-durable.gouv.fr

Les filières

Les agrobiocarburants, ou agrocarburants, ou encore biocarburants, sont obtenus à partir d'une matière première végétale (biomasse).

Deux familles d'agrobiocarburants, dits de première génération⁶, sont développées en France depuis 1992 pour les moteurs diesel et essence.

Figure : Les filières d'agrocarburants de première génération en France



Les agrocarburants destinés aux moteurs diesel (**AC diesel**) sont des Esters Méthyliques d'Huile Végétale (colza ou tournesol), également appelés **EMHV**, **biodiesel**, ou **diester**. On les obtient par réaction de l'huile avec un alcool en présence d'un catalyseur lors d'une opération dite de « transestérification ». Ces EMHV sont incorporés au gazole soit sous forme banalisée (sans obligation de marquage à la pompe) au taux maximum de 7%⁷, soit à haute teneur (30% maximum) dans des flottes captives dépendant des collectivités territoriales ou d'entreprises privées.

A court terme (2010), les Esters Méthyliques d'Huile Animale (EMHA) pourront représenter jusqu'à 10 % des biocarburants destinés aux moteurs diesel.

Graphique : Procédé de fabrication des **AC diesel** (agrocarburants destinés aux moteurs diesel)



Source : IFP

⁶ Les agrocarburants de première génération sont produits à partir des organes de réserves de certaines plantes cultivées.

⁷ A compter de 2008. En 2007, ce taux maximum était de 5%.

Depuis le 1^{er} janvier 2007, l'utilisation et la commercialisation d'Huiles Végétales Pures (HVP) non transformées chimiquement a été autorisée en tant que carburant agricole ou pour l'avitaillement des navires de pêche. Ce produit peut également être utilisé à la demande des collectivités locales sur leurs flottes captives dans le cadre de protocoles d'expérimentation signés avec le Préfet de région et le Directeur régional des douanes.

Les agrocarburants destinés aux moteurs à essence (AC essence) sont issus de la fermentation du sucre de betteraves ou d'amidon de céréales qui donne de l'éthanol, ou bioéthanol. Celui-ci est utilisable sous forme banalisée :

- soit directement en mélange avec de l'essence au taux maximum de 5 %,
 - soit en incorporation à l'essence sous forme d'Ethyl Tertio Butyl Ether « ETBE » (47 % d'éthanol – 53 % d'isobutylène), ce dernier produit étant issu du raffinage pétrolier. Le taux limite d'introduction d'ETBE dans l'essence est fixé à 15 % maximum en volume.
- Soit dans des véhicules adaptés (véhicules à carburants modulables dits *flex fuel*) sous forme de superéthanol E 85 (85 % d'éthanol – 15 % d'essence).

Figure : **Procédé de fabrication de l'éthanol**



Source : IFP.

Production et consommation d'agrocarburants

Les volumes de consommation progressent rapidement.

Tableau : **Evolution des consommations d'agrocarburants en France entre 2006 et 2010**

Consommations en tonnes

	2006	2007	2008*	2009*	2010*
AC diesel	632 000	1 300 000	2 293 000	2 494 000	2 939 000
AC essence (Ethanol)	235 000	426 000	881 000	1 010 000	1 045 000

* Estimations

Les consommations ont doublé entre 2006 et 2007. En 2010, elles devraient à nouveau doubler par rapport à 2007, soit un quadruplement par rapport à 2006. En effet, la loi

d'orientation agricole du 5 janvier 2006 a fixé des objectifs d'incorporation à hauteur de 5,75% et 7% respectivement en 2008 et 2010.

Tableau : Evolution des taux d'incorporation des agrocarburants en France entre 2006 et 2010

2006	2007	2008	2009	2010
1,75%	3,5%	5,75%	6,25%	7%

Les consommations progressent d'autant plus vite que les capacités de production sont planifiées pour dépasser les besoins⁸. Il faut en particulier tenir compte des aléas climatiques qui peuvent affecter les récoltes des matières premières des agrocarburants. En leur absence, le surplus d'AC pourrait se répartir entre une consommation intérieure supérieure aux prévisions et des exportations.

Tableau : Evolution des capacités de production en France entre 2008 et 2010

	2008	2009	2010
AC essence production*	941 000	1 090 000	1 090 000
AC essence besoins**	633 000	658 000	715 200
AC diesel production*	2 477 000	2 727 000	3 177 000
AC diesel besoins**	2 196 000	2 433 000	2 754 000

*Estimation d'après la capacité de production des installations agréées.

** Estimation DIREM⁹

21 Nouvelles usines de traitement en France

Depuis 2004, 4 appels à candidatures ont été lancés pour couvrir les besoins en agrocarburants jusqu'en 2010 et atteindre l'objectif de 7% d'incorporation. Ainsi, près de 53 candidatures ont été agréées :

- 29 unités de production d'AC diesel dont 11 à l'étranger (agrément total en 2010 = 3,15 MT),
- 20 unités de production d'éthanol (agrément total en 2010 = 870 000 T),
- 4 unités de production d'ETBE (agrément total en 2010 = 230 000 T équivalent éthanol).

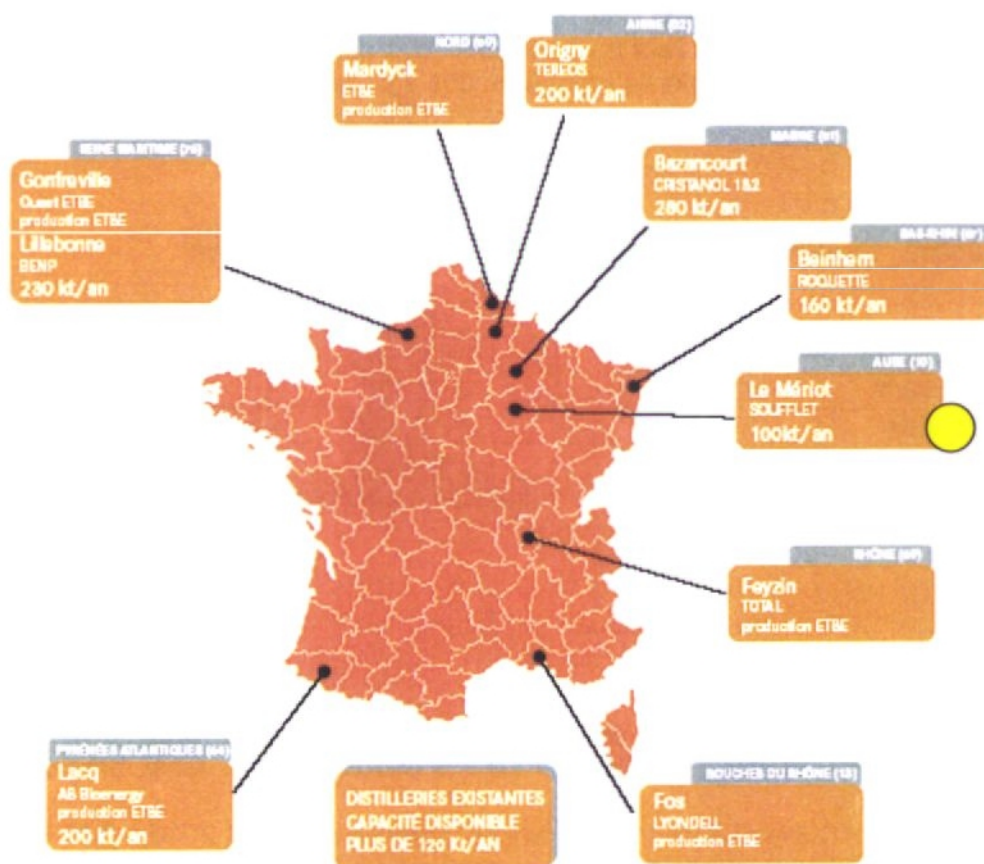
Sur les 53 unités agréées, 21 usines nouvelles seront construites en France dans 14 régions, ce qui représente des investissements de plus de 1.200 M€ .

⁸ Il est nécessaire d'identifier les risques éventuels de pénurie en agrocarburants agréés et les répercussions négatives que cette situation pourrait engendrer pour les distributeurs de carburants quant à leurs obligations vis-à-vis du paiement du supplément TGAP et pour les consommateurs via le prix des carburants.

⁹ DIREM : Direction des Ressources Énergétiques et Minérales.

Carte : Sites de production en France de la filière AC essence (éthanol) : capacités de production à l'horizon 2010

 Usine encore en projet en 2008

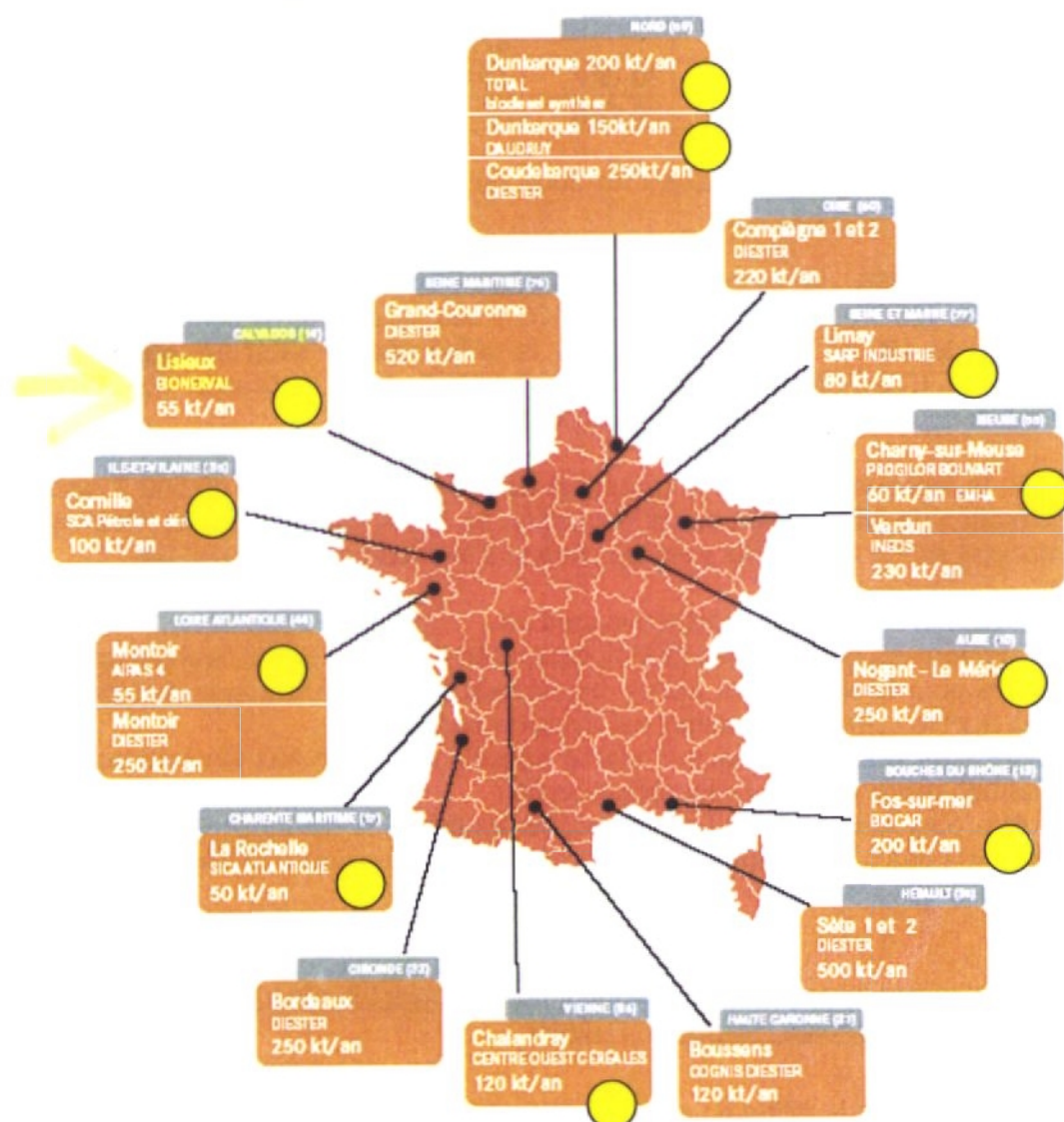


Source : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

**Carte : Sites de production en France de la filière AC diesel :
capacités de production françaises à l'horizon 2010**



Usine encore en projet en 2008



Source : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

Les incitations publiques directes

L'exonération partielle de la Taxe Intérieure de Consommation (TIC) applicable aux carburants

L'exonération partielle de la TIC applicable aux carburants est fixée chaque année par le Parlement en fonction notamment des cours des produits pétroliers et des matières premières

agricoles¹⁰. Cette exonération est accordée à des unités de production agréées à l'issue d'appels à candidatures publiés au Journal officiel de l'Union Européenne.

Tableau : Évolution des exonérations des AC entre 2005 et 2007

	Filière diesel			Filière essence		Brent ¹¹ juillet (n-1) juin (n)
	EMHV	Agrodiesel de synthèse ¹²	EEHV ¹³	Ethanol ¹⁴	ETBE ¹⁵	
2005	33 €/hl	-	-	37 €/hl	38 €/hl	31,25 €/hl
2006	25 €/hl	25 €/hl	30 €/hl	33 €/hl	33 €/hl	46,19 €/hl
2007	25 €/hl	25 €/hl	30 €/hl	33 €/hl	33 €/hl	62,36 €/hl

Les taux unitaires de défiscalisation étaient en 2007 de 25 €/hectolitre d'AC diesel et de 33 €/hectolitre d'éthanol.

Au titre de l'année 2006, le montant de la défiscalisation s'est élevé à 161,21 M€ correspondant à 569 420 T pour les AC diesel. Si 100% des agréments avaient été réalisés, le montant aurait été de 192,47 M€. Le montant de la défiscalisation s'est élevé pour les AC essence (éthanol et ETBE) à 38,97 M€ pour 235 300 T. Une réalisation complète des agréments aurait conduit à un montant de 125,32 M€.

Au titre de 2007, le montant pour les AC diesel est de 325,47 M€ pour 1 149 500 T (avec un plafond d'exonération de 382,77 M€ pour la réalisation de 100% des agréments). Pour les AC essence, le montant est de 174,53 M€ avec un plafond d'exonération de 220,80 M€.

A compter du 1^{er} janvier 2008, les exonérations sont de :

- a) 22 €/hectolitre pour les EMHV et les EMHA incorporés au gazole ou au fioul domestique ;
- b) 27 €/hectolitre pour le contenu en alcool des dérivés de l'alcool éthylique incorporés aux supercarburants dont la composante alcool est d'origine agricole ;
- c) 27 €/hectolitre pour l'alcool éthylique d'origine agricole incorporé aux supercarburants ou au superéthanol E85 repris à l'indice d'identification 55 ;
- d) 22 €/hectolitre pour les EMHV et l'agrodiesel de synthèse de synthèse et 27 €/hectolitre pour les esters éthyliques d'huile végétale, incorporés au gazole ou au fioul domestique.

Les pénalités pour les distributeurs qui n'atteignent pas les objectifs d'incorporation au titre de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP)

¹⁰ Code des douanes, article 265bis A : « Compte tenu du bilan environnemental global, notamment en termes de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre, de leur production et de leur consommation, les produits désignés ci-après, élaborés sous contrôle fiscal en vue d'être utilisés comme carburant ou combustible, bénéficient, dans la limite des quantités fixées par agrément, d'une réduction de la taxe intérieure de consommation dont les tarifs sont fixés au tableau B du 1 de l'article 265. Cette réduction est modulée en fonction de l'évolution des cours des matières premières agricoles et des énergies fossiles et de la productivité des filières agro-industrielles concernées. Elle doit permettre d'assurer la compétitivité des biocarburants par rapport aux carburants fossiles sans toutefois aboutir à une surcompensation de l'écart de prix de revient entre ces produits. »

¹¹ Brent désigne un mélange de pétroles issus de gisements en mer du Nord. Son prix sert de référence dans le monde.

¹² La gazéification de la biomasse se fait par décomposition de la matière végétale à haute température (de même que pour la gazéification du charbon, mais sans qu'il y ait nécessité d'apport d'eau). La chaleur nécessaire à la gazéification est apportée, actuellement, par une combustion dans de l'oxygène pur d'une partie de la biomasse. On convertit par ce procédé la biomasse en gaz de synthèse. Ensuite, ce gaz de synthèse peut être converti en carburants liquides avec des procédés pétrochimiques.

¹³ EEHV : Esther éthylique d'huile végétale.

¹⁴ En 2004, pour la première année, l'éthanol incorporé directement dans l'essence a bénéficié d'une défiscalisation.

¹⁵ L'ETBE contient 47% en volume d'éthanol, c'est cette partie qui peut bénéficier de la défiscalisation.

Le dispositif de soutien aux agrocarburants contient également une pénalité, un prélèvement supplémentaire au titre de la TGAP payée par les distributeurs qui n'atteignent pas les objectifs d'incorporation inscrits dans la loi d'orientation agricole (1,75% en 2006 – 3,5 % en 2007 – 5,75% en 2008 – 6,25 % en 2009 – 7% en 2010).

Pour 2006, le supplément TGAP s'est élevé à 417 000 € pour les AC diesel et à 1,9 M€ pour les AC essence (éthanol). Pour 2007, le supplément TGAP s'est élevé à 5,26 M€ pour les AC diesel et à 19,75 M€ pour les AC essence (éthanol).

Les aides aux cultivateurs de cultures énergétiques

Par ailleurs, une aide de 45 € à l'hectare est accordée pour les cultures à vocation énergétique réalisées hors jachères, dites Aides aux Cultures Énergétiques (ACE). Une superficie maximale garantie de 1,5 million d'hectares est prévue pour l'ensemble de l'Europe. Cette aide est justifiée par l'effet bénéfique qu'apportent ces cultures en termes d'effet de serre. Le nombre d'hectares concerné par cette aide s'élevait pour la campagne 2006/2007 à 400 000 ha en France.

L'encadrement communautaire

La directive 2003/96/CE prévoit la possibilité pour les Etats Membres d'appliquer un taux d'accises réduit sur certaines huiles minérales (carburants) qui contiennent des agrocarburants et sur les agrocarburants.

La directive 2003/30/CE relative à la promotion de l'utilisation des biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports dresse la liste des produits considérés comme agrocarburants et les formes sous lesquelles ils peuvent se présenter. Elle demande aux Etats Membres de fixer des objectifs nationaux d'incorporation des agrocarburants dans les carburants, avec comme valeurs de référence : 2%_{PCI} (du pouvoir calorifique inférieur¹⁶) fin 2005 et 5,75%_{PCI} en 2010 (pourcentage énergétique). Cette directive est en cours de révision.

La directive 98/70/CE relative à la qualité des carburants essences et gazoles est en cours de modification. Elle limite l'incorporation d'éthanol à 5%_v (du volume) et celle d'ETBE à 15%_v. Il est notamment proposé de créer un carburant contenant 10%_v d'éthanol (E10) avec un marquage de la pompe. D'autre part, la France propose d'ajouter le passage de la limite de biodiesel dans le gazole de 5%_v à 10%_v. Ces modifications, si elles sont acceptées, prendront effet au plus tôt le 1^{er} janvier 2009.

Les expérimentations de consommation des huiles végétales pures (HVP)¹⁷

La loi d'orientation agricole du 5 janvier 2006 autorise, depuis le 1^{er} Janvier 2007, l'utilisation et la commercialisation des HVP comme carburant agricole ou comme carburant de pêche.

La loi de finances rectificative pour 2006 a introduit des dispositions autorisant, dans le cadre de protocoles expérimentaux, l'utilisation d'HVP dans certains véhicules dépendant des collectivités territoriales.

A ce jour, on compte 17 entrepôts fiscaux de produits énergétiques.

En 2006, la production d'HVP destinées à la carburation a concerné environ 2 500 agriculteurs pour une production évaluée à plus de 7 000 tonnes. Pour l'année 2007, cette même production devrait être de l'ordre de 8 000 tonnes. L'usage des HVP dans les flottes des collectivités territoriales est expérimenté dans six agglomérations : Communauté de Lons-le-

¹⁶ PCI : quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, sans que la chaleur soit récupérée.

¹⁷ Voir en annexe

Saunier, Communauté de communes du pays de Roma, Communauté de communes du val de Garonne, Commune de Poitiers, Communauté d'agglomération d'Agen.

Tableau :

Unités de production d'éthanol carburant en France, surface et coproduits associés

Entreprise	Activité	Site	Date d'entrée en fonction	Capacité prévue pour 2010 (T)	Dont volume d'éthanol carburant (T)	Matières premières	Quantité de coproduits	
Tereos	Sucrier	Origny (02)	2006	240 000	Indéterminé	Betteraves et sirops de basse pureté	-	
		Lillebonne (76)	juin 2007	240 000	240 000	Blé	300 000 T	de drêches
Cristal Union	Sucrier. A pour filiale Cristanol, (usines de distilleries).	Bazancourt (Cristanol 1) (51)	juin 2007	120 000	120 000	Betteraves	360 000 T	de pulpe
		Bazancourt (Cristanol 2) (51)	2008	160 000	160 000	Blé	190 000 T	de drêches
		Arcis sur Aube (10)	1984	120 000	50 000	Betteraves	150 000 T	de pulpe
Roquette	Agroalimentaire . Producteur de produits amylacés.	Beinheim (67)	2008	160 000	160 000	Blé	190 000 T	de drêches
Soufflet	Agroalimentaire . Collecte, transformation, négoce produits agricoles végétaux.	Pont-sur-Seine / Marnay-sur Seine (10)	2008	300 000	300 000	Blé	360 000 T	de drêches
BCE	Agroalimentaire . Production d'alcool de blé et d'aliments du bétail. Appartient pour 40% à Téréos.	Provins (77)	1987	20 000	15 000	Blé	18 000 T	de drêches
Abengoa	1er fabricant en Europe. Multinationale espagnole, du BTP.	Lacq (64)	2007	200 000	200 000	Maïs et alcool de vin	< 240 000 T	de drêches
Amylum	Agroalimentaire . Industriel de l'amidonnerie.	Nesle (80)	-	50 000	Indéterminé	Blé	-	

Source : GEB

Tableau : Unités de production d'AC diesel en France et quantité de produits associés

Entreprise	Activité	Site	Capacité Prévue (T)	Date d'entrée en fonction	Capacité prévue (T)	Matières premières	Approvisionn ement en huile	Qté de tourteau (T)
Diester Industries	Spécialisé dans la production et la commercialisation de Diester®. Filiale de Sofiprotéol et de sociétés holdings, Diester Industries regroupe l'actionnariat de la quasi-totalité des organismes collecteurs et stockeurs français de graines oléagineuses.	Grand-Couronne I (76)	260 000 t	1995	260 000	Colza	Trituration sur le site	350 000
		Grand-Couronne II (76)	250 000 t	2008	260 000	Colza	Trituration sur le site	350 000
		Venette (60)	200 000 t	1992 et 2006	220 000	Colza	Trituration sur le site	300 000
		Sète (34)	250 000 t	2006	500 000	Colza + tournesol	Trituration sur le site	680 000
		Le Mériot (10)	250 000 t	2007	250 000	Colza + tournesol	Trituration sur le site	340 000
		Montoir (partenariat avec Cargill)	250 000 t	juin 2007	250 000	Colza	Trituration sur le site. Usine pour 2008	335 000
		Bordeaux (33)	250 000 t	2008	250 000	Colza + tournesol	Trituration sur le site	340 000
		Cappelle la Grande / Coudekerque (59)	250 000 t	2008	250 000	Colza + tournesol	Approvisionnement par les usines alentours	340 000
Cognis Diester) (+	Multinationale, groupe industrie chimique.	Boussens (31)	40 000 t	2007	33 000	Tournesol	Travaille à façon pour Diester Industries qui fournit l'huile	46 000
Biocar	Filiale du groupe espagnol Acciona Energica, premier producteur de biodiesel en Espagne.	Fos sur Mer (13)	200 000 t	2008	200 000	Colza + tournesol	Deux usines de Trituration associées prévues.	270 000
Ineos	Groupe britannique d'industrie chimique.	Baleycourt (55)	220 000 t	2008	230 000	Colza	Trituration sur le site	310 000
Sica Atlantique	Silo portuaire : exportation de céréales et oléagineux	La Rochelle (17)	10 000 t	2008	50 000	Colza	Estérification sur la graine entière : étape de trituration inutile.	67 000
Centre Ouest céréales	Coopérative céréalière	Chalandray (86)	60 000 t	2008	120 000	Colza + tournesol	Trituration sur le site	160 000

Source : GEB

Tableau : Les principaux producteurs européens d'AC en 2006
En millions de tonnes

	AC total	AC essence	AC diesel	Autres AC
UE 27	7 370	1 294	5 373	703
Allemagne	4 469	501	3 598	370
France	790	235	555	-
Espagne	242	179	63	-
Italie	223	-	223	-
Autres pays	1 646	379	934	333

Source : Eurostat

Tableau : Les principaux producteurs mondiaux d'éthanol entre 2005 et 2007
Moyenne annuelle en millions de litres

	Production	Échanges nets
Monde	50 284	- 454
Etats-unis	21 478	-1 235
Brésil	17 396	+ 2 801
Chine	5 564	+ 566
UE 27	2 049	- 1 783
Inde	1 411	- 267

Source : secrétariats de l'OCDE et de la FAO

Tableau : Les principaux producteurs mondiaux d'AC diesel entre 2005 et 2007
Moyenne annuelle en millions de litres

	Production	Échanges nets
Monde	7 610	+ 552
UE 27	5 095	- 341
Etats-Unis	1 429	+ 577
Inde	277	-
Indonésie	241	+ 168

Source : secrétariats de l'OCDE et de la FAO

II

LES IMPACTS DES AGROCARBURANTS DE PREMIERE GENERATION SUR L'ENVIRONNEMENT

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX : UNE INTRODUCTION

Jean-Marc Salmon, ETOS/ T & S SudParis
jmsalmon@gmail.com

L'essor des cultures énergétiques risque-t-il d'aggraver les problèmes environnementaux liés à l'agriculture ? En intensité ? En extension géographique ?

Mais peut-on prendre la mesure de ces questions sans évoquer la diversité des situations ? Les matières premières sont différentes : le colza ou le tournesol pour les agrocarburants destinés au diesel (AC diesel), le blé ou la betterave pour l'éthanol. Les systèmes de culture peuvent différer. Ces cultures ont des affinités avec des conditions pédo-climatiques diverses. Aux croisements de ces variables, les impacts vont eux-mêmes être diversifiés.

L'utilisation globale d'intrants par l'agriculture risque d'augmenter, alors que les surfaces cultivées s'étendent

Quel serait l'impact du développement des cultures énergétiques sur la consommation d'intrants ?

Une mise en culture de 650 000 ha de jachères augmenterait la consommation d'engrais de 120 000 à 130 000 tonnes en unités azote (sur la base de 180 à 200 unités d'azote/ha). Une approche globale et quantifiée demanderait des traductions des objectifs de production en surfaces mobilisées. Ceci permettrait de figurer l'étendue des jachères et des prairies transformées et d'évaluer les quantités d'intrants supplémentaires.

Localement, la gravité des impacts locaux est proportionnée aux surfaces de prairies et de jachères mises en culture (et dépend de la façon dont étaient conduites ces jachères). Là où les changements d'occupation des sols sont importants, on peut s'attendre à des pollutions des eaux et à une dégradation des sols.

L'extension des zones cultivées et l'augmentation de la culture du colza, plus consommatrice de pesticides que celle du blé, pourraient augmenter l'usage des pesticides. Ces augmentations prévisibles de la pression phytosanitaire ne risquent-elles pas d'aller à l'encontre de l'objectif de réduction des usages de pesticides, de 50 % d'ici à 2018, annoncée au Grenelle de l'Environnement ? Les transferts et l'accumulation dans les milieux naturels (eau, sols) risquent de fragiliser les écosystèmes, d'accroître les pertes de biodiversité et de menacer la santé humaine.

Y a-t-il un risque que les cultures énergétiques, parce qu'elles ne sont pas destinées à des usages alimentaires, soient traitées davantage ? Y aurait-il alors des risques accrus de contamination des chaînes trophiques ?

D'où des impacts sur les différents compartiments de l'environnement

La pollution des eaux risque-t-elle d'augmenter ?

Les impacts prévisibles sur les ressources en eau sont liés aux pollutions des eaux de surface et des eaux souterraines par les nitrates et les pesticides. Ils se manifestent en particulier lorsque l'extension des cultures énergétiques entraîne des changements d'occupation des sols (Bordet *et al.*, 2006)¹⁸.

En revanche, dans les cas où le colza se développe sur des terres déjà cultivées, les effets sont variables selon la nature des cultures substituées (le colza nécessite moins d'engrais que

¹⁸

« Les objectifs du plan biocarburants sont, par nature, antinomiques avec les préoccupations en matière de protection de la qualité de l'eau dès lors que le développement des cultures énergétiques passe par un accroissement des surfaces cultivées et une intensification des cultures. » (Bordet *et al.*, 2006)

le blé, mais plus que le pois fourrager). De même, il protège mieux le sol contre l'érosion et le lessivage, mais nécessite des traitements phytosanitaires plus importants que la majorité des autres cultures (Bordet et al., 2006).

L'augmentation des concentrations en nutriments dans les milieux aquatiques favorise leur eutrophisation¹⁹. Quant à la contamination par les pesticides, elle menace faune, flore et santé humaine (AEE, 2007).

Les cultures énergétiques se développent dans des régions où la disponibilité des terres est importante et les sols relativement peu fertiles, et qui sont « vulnérables » en termes de pollution azotée et phytosanitaire de l'eau (Bretagne, Nord-Pas-de-Calais, Ile-de-France, Poitou-Charentes, Pays de Loire). Le recours conséquent aux intrants risquerait-il de compromettre l'atteinte du « bon état écologique » exigé par la Directive Cadre sur l'Eau européenne (2000/60/CE) ? Peut-on l'évaluer à l'avance ?

La demande locale en eau sera-t-elle affectée dans certaines régions ?

L'extension spatiale et l'intensification des cultures pourraient amplifier les pénuries locales d'eau, mais à l'inverse la substitution de plantes comme le blé et surtout le maïs, notamment irrigué, par des cultures énergétiques moins consommatrices d'eau (colza, tournesol, sorgho) peut contribuer à relâcher la pression sur la ressource.

Quels impacts sur les sols ?

La culture d'agrocarburants augmente la pression globale sur les sols. Celle-ci peut occasionner une dégradation de la fertilité des sols et de leurs fonctions environnementales. Les changements d'affectation des sols, en particulier la mise en culture de prairies ou de territoires forestiers, peuvent entraîner le déstockage de carbone précédemment stocké dans le sol, et donc la diminution de la fonction de régulation des gaz à effet de serre (GES) du sol. Cette perte en carbone peut induire des modifications des propriétés des sols (stabilité structurale, porosité...) et entraîner des dégradations (érosion, tassement, perte de biodiversité...). L'utilisation accrue d'engrais, principalement azotés, favorise par ailleurs l'acidification des sols (facilitant le lessivage des éléments minéraux et la solubilisation de métaux toxiques) et requiert de recourir à des amendements calcaires. La simplification des systèmes culturaux (assolements moins diversifiés et rotations accélérées), l'augmentation de la taille des parcelles et la mécanisation favorisent globalement le tassement et la dégradation de la structure des sols, et ainsi l'érosion. Quant à l'utilisation accrue de pesticides, celle-ci risque d'augmenter les pollutions diffuses du sol. Enfin, le sol est un réservoir de biodiversité important, dont le potentiel risque de diminuer sous l'effet de ces pressions croissantes. Cependant, dans certains cas, l'impact peut être nuancé : par exemple l'introduction de colza dans des assolements de céréales ou sa mise en culture sur des jachères nues, par le maintien d'une couverture hivernale du sol, peut limiter l'érosion, le lessivage des nutriments vers les cours d'eau et nappes phréatiques, et réduire les besoins en engrais azotés.

Au-delà du simple bilan de GES, ce sont donc les conséquences de l'extension des cultures d'agrocarburants sur les fonctions environnementales des sols qu'il s'agit d'évaluer en prenant en compte la grande diversité des types de sols ainsi que celle des systèmes de cultures et des pratiques agricoles.

Par exemple, les relations entre l'évolution des sols et le pourcentage de restitution de la biomasse au sol restent mal connus. Les études sont insuffisantes face à la diversité des sols et des systèmes de culture. Le développement de modèles et la mise en place d'observatoires seront indispensables pour mieux connaître l'évolution des sols. La construction de références

¹⁹

L'eutrophisation des eaux est marquée par le développement d'organismes aquatiques dû à un apport exceptionnel en éléments nutritifs (par ex., une pollution azotée). Elle peut provoquer des pollutions visuelles et olfactives, la chute de la quantité d'oxygène disponible dans l'eau, qui peut entraîner la mort de certains organismes aquatiques tels que des poissons, et une dégradation de la biodiversité.

et d'indicateurs environnementaux, nécessaires à la conduite des politiques publiques en matière d'agrocarburants, pourrait faire appel à de tels outils.

La culture d'agrocarburants a-t-elle un impact sur la biodiversité ?

Le Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité s'est saisi des impacts des agrocarburants sur la biodiversité²⁰. L'UE a pour objectif d'enrayer la perte de biodiversité en Europe d'ici 2010. Sur notre continent, les habitats d'un grand nombre d'espèces se situent dans des zones cultivées (cf. Muller, infra). L'Agence Européenne de l'Environnement (AEE, 2007) s'inquiète des pressions exercées par la production de biomasse et de ses effets directs et indirects.

Parmi les effets directs, le changement d'occupation des sols (recul des prairies et des jachères) et la fragmentation des habitats par la mise en culture des terres agricoles non cultivées attirent l'attention. L'AEE souligne que « parmi les modes d'occupation des sols, les prairies permanentes sont en général considérées comme les plus importantes dans la perspective de conserver la nature et les paysages ».

Les effets indirects sont provoqués par différentes pressions sur l'environnement.

Tableau : Les pressions sur l'environnement et leurs liens à la biodiversité des zones cultivées

Pression environnementale	Liens avec la biodiversité des terres agricoles
Erosion	Provoque une perte de substances organiques et conduit à une diminution des habitats. De plus, la filtration des eaux est diminuée avec des effets potentiellement négatifs pour la biodiversité. Il en résulte des pertes de nutriments qui provoquent l'eutrophisation des eaux de surface, ce qui affecte la flore et la faune sauvage.
Tassement du sol	La dégradation de la structure du sol peut réduire l'abondance / la diversité de la biodiversité du sol et de la flore sauvage.
Augmentation des concentrations de nutriments en surface et dans les eaux souterraines	Provoque l'eutrophisation des eaux de surface et des sols, ce qui affecte la flore sauvage et la faune et peut aussi avoir des effets toxiques directs sur la flore et la faune.
Pollution des sols et des eaux par les pesticides	Les substances toxiques affectent directement et indirectement la flore et la faune.
Prélèvements d'eau	Les pertes d'eau peuvent provoquer des changements dans la flore et la faune.

Source : AEE, 2007

L'AEE souhaite que l'introduction des cultures énergétiques conduise à consolider et développer l'agriculture extensive ainsi qu'à développer la diversité des cultures. Elle a ainsi été conduite à hiérarchiser les cultures énergétiques en fonction de leurs effets indirects sur la biodiversité, et plus généralement sur l'environnement.

Tableau : **Matrice des risques des cultures énergétiques pour la zone Atlantique centrale de l'Europe**

	Tournesol	Colza	Blé	Betterave
Erosion	B/C	A	B	C
Tassement du sol	A	A	B	C
Fuite de nutriments vers l'eau	A	C	B	C
Pollution des sols et de l'eau par les pesticides	B	C	B	C
Prélèvement d'eau	B	B	B	B
Liens avec la biodiversité des terres cultivées	A	B/C	B/C	B
Diversité des types de culture	A	B	C	B

A : risque faible – B : risque moyen – C : risque important

Source : AEE, 2007 d'après FAO

Le suivi des impacts des cultures énergétiques a été insuffisant. La Commission Européenne publie, dans le cadre du suivi de la directive CE sur les agrocarburants²¹, un rapport bisannuel sur la durabilité des cultures énergétiques basé sur les rapports annuels que fournissent les groupes producteurs eux-mêmes. Cependant, les données sont trop souvent manquantes pour les exploitations concernées (Bordet *et al.*, 2006).

De nouvelles procédures d'évaluation sont en cours de mise au point par la Commission.

L'utilisation des observations spatiales pour le colza peut-elle aider ? Et pour d'autres cultures énergétiques ? Comment envisager l'articulation des données spatiales avec celles de sites-ateliers ?

Plus généralement, on dispose de fort peu de travaux de recherche sur les impacts des AC sur l'eau et la biodiversité. Un organisme comme l'OCDE en recense 2, menés aux Etats-unis²². Faut-il dès lors, à l'instar de l'OCDE, penser à des adaptations de modèles existants ou à développer (cf. Saulnier, *infra*) ? Les problèmes d'évaluation des impacts doivent-ils être abordés dans la perspective de disposer d'outils métrologiques adaptés (cf. Saulnier, *infra*) ? Parallèlement, les programmes de recherche consacrés à l'eau, aux sols et à la biodiversité devraient-ils engager des travaux spécifiques ? Ou, encore, à l'instar de la réflexion menée par l'AEE (2007), faut-il définir des seuils maximaux d'extension et d'intensification des cultures énergétiques afin de garantir la compatibilité de la production de biomasse avec la fourniture de services environnementaux par les espaces agricoles (cf. Muller, *infra*) ?

²¹ Directive 2003/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003, visant à promouvoir l'utilisation des biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports.

²² Donner et Kurcharik (2008) ont analysé les rejets azotés dus aux AC éthanol dans le golfe du Mexique ; Marshall (2007) a utilisé un modèle intégré pour quantifier les effets des productions de maïs supplémentaires, suscitées par le développement des AC, sur les fuites de nutriments, les émissions de GES et l'érosion des sols (Cité par OECD, *Joint Working Party on Agriculture and Environment, multiple environmental effects of bioenergy and biofuels from agriculture, development of SAPIM applications*, 1-3 July 2008)

Comment maîtriser des impacts négatifs ? Comment optimiser les bénéfices des agrocarburants ? Comment appuyer la mise en place de bonnes pratiques agricoles et de mesures environnementales : écoconditionnalité des aides PAC, mesures additionnelles, chartes et engagements liés aux contrats de production, certification environnementale ?

Effet de serre : quel bilan ?

L'argument environnemental avancé en faveur des cultures agroénergétiques est leur contribution à la réduction des gaz à effet de serre (GES). Jusqu'à récemment, il était admis qu'elle l'emportait nettement sur les impacts environnementaux négatifs.

Cependant, en 2006, le CSPNB a demandé que les bénéfices potentiels en termes d'économie d'énergie fossile et de réduction des émissions de GES, qui contribuent à justifier le développement des agrocarburants, soient mis en regard des impacts sur les autres composantes de l'environnement²³. Une année plus tard, l'OCDE a publié un rapport intitulé : « Le remède est-il pire que la maladie ? »

Comment expliquer cette montée des interrogations ? Les bases scientifiques des évaluations ont-elles évolué à ce point ?

Agrocarburants et gaz à effet de serre : les incertitudes gagnent du terrain

La contribution des agrocarburants à la réduction des émissions de gaz à effet de serre a suscité de nombreux travaux. La méthodologie des Analyses de Cycle de Vie (ACV) a été rapidement sollicitée. Apparues dans les années 70, les ACV sont maintenant utilisées dans le domaine de la gestion de l'environnement pour évaluer la fonction d'un produit et ses impacts environnementaux. Différentes méthodes de calcul pour les bilans de gaz à effet de serre ont été proposées et discutées (Sourie *et al.*, 2005). La méthodologie développée à l'initiative de la commission européenne est devenue une référence. Elle diminue sensiblement les bénéfices des AC pour les réductions des émissions de GES que laissaient espérer d'autres méthodologies. Les services français en tirent les leçons et de ces discussions naît une nouvelle façon de procéder (cf. Poitrat, *infra*).

Au-delà des débats méthodologiques, l'étude des processus de production d'agrocarburants a rapidement désigné l'agriculture comme un des premiers postes d'émission de GES. En France, selon l'étude ADEME-DIREM (2002), elle comptait pour 72 % des émissions de GES pour l'EMHV de colza et pour 30 % de celles de l'éthanol de blé. Dès lors, l'attention des chercheurs s'est portée sur les conditions de production agricole et, en particulier, sur l'usage croissant de fertilisants, puis sur les changements d'occupation des sols (IPCC, 2000). Ces questions ont pris une importance croissante dans les débats, au fur et à mesure que les superficies mobilisées pour les agrocarburants cessaient d'être marginales.

Le déstockage du carbone : les travaux du GIEC ont, dès la conférence de Rio (IPCC, 1992), attiré l'attention sur les processus de déstockage du carbone. Ils se manifestent lors de la mise en culture de sols forestiers ou de prairies, et renforcent les concentrations atmosphériques en GES.

Alors que les surfaces dédiées aux agrocarburants augmentent, il convient de prendre en compte deux problèmes :

- Les effets directs de conversions agronomiques : la transformation en terres de cultures, pour les agrocarburants, des forêts et des prairies mais aussi des terres agricoles non cultivées (TANC), a été trop longtemps négligée.
- Les effets indirects, liés à la délocalisation des cultures et de « la dette carbone », ont été encore plus souvent oubliés. Par exemple, si aux Etats-Unis du maïs jusqu'alors cultivé pour l'alimentation des humains ou du bétail était détourné pour produire de l'éthanol alors, pour rééquilibrer les marchés, quelque part dans le monde, des TANC, prairies ou forêts seraient transformées, par compensation, en cultures de maïs alimentaires ou de produits de

substitution (Fargione *et al.*, 2008).

Depuis peu sont publiés des travaux qui prennent en compte les effets indirects de par le monde d'une culture énergétique dans un pays. Ainsi, pour la culture du maïs à des fins énergétiques aux Etats-Unis, le bilan est négatif, en termes d'émission de gaz à effet de serre [Searchinger *et al.*, 2008]. Il reste à voir si l'application d'une méthodologie de ce type pour les autres filières aux Etats-Unis et en Europe confirme cette évaluation pessimiste.

En amont de ces questions, des recherches sont nécessaires pour aller au-delà du simple bilan entrée-sortie du carbone. Par exemple, on connaît encore très mal la nature des matières organiques dans les sols et leur évolution sous l'impact des usages anthropiques.

→ L'usage croissant des fertilisants entraîne des émissions d'azote, lesquelles se dédoublent en émissions directes et indirectes. Là encore, les travaux du GIEC ont rapidement attiré l'attention sur les émissions de protoxyde d'azote (N₂O) par l'agriculture. Les coefficients à retenir font l'objet d'un débat qui a pris de l'ampleur. Les émissions indirectes de N₂O sont beaucoup plus controversées. La polémique scientifique a démarré à l'automne 2007, à l'initiative du prix Nobel de chimie Paul Crutzen, connu pour ses travaux sur la destruction de l'ozone stratosphérique par le N₂O (cf. Séguin, infra). L'issue de ce débat scientifique pourrait remettre en question tous les bilans d'émission de GES par les activités agricoles.

Références

ADEME-DIREM 2002, Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production des biocarburants en France. Note d'après les travaux d'Ecobilan PricewaterhouseCoopers, http://www.ademe.fr/partenaires/agriculture/publications/documents_francais/synthese_bilans_energetiques_fr.pdf

Bordet J., Michez J.-M. & Gilot A., 2006. Mise en œuvre du plan biocarburant au regard de la protection de la ressource en eau. Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux (CGAAER) et Inspection générale de l'environnement (IGE), Paris.

Briens M., 2007. Rapport de mission en entreprise. Contribution à la préparation d'un séminaire scientifique interne « Environnement & Agrocultures » pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. ENGREF, Paris.

Donner S.D. & Kucharik C.J., 2008. Corn-based ethanol production compromises goal of reducing nitrogen runoff by the Mississippi river. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **105**, 4513-4518.

Fargione F., Hill J., Tillman D. Polasky S. & Hawthorne P., 2008. Land-clearing and the biofuel debt. *Science*, **319**, 1235-1238.

www.sciencemag.org/cgi/content/full/1152747/DC1

IPCC, 1992, Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments.

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

IPCC, 2000, Land Use, Land Use Change, and Forestry, Special report, Cambridge University Press.

<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports.htm>

Marshall L., 2007. Thirst for Corn: What 2007 plantings could mean for the environment. WRI Policy Note- Energy: Biofuels N°2, World Resources Institute, Washington, DC.

Searchinger T., Heimlich R., Houghton R.A., Dong F., Elobeid A., Fabiosa J., Tokgoz S., Hayes D. & Yu T., 2008. Use of US croplands for biofuels increases greenhouses gases through emissions from land-use change. *Science*, **319**, 1238-1240.

www.sciencemag.org/cgi/content/full/1151861/DC1

Sourie J-C, et al. L'ambivalence des filières d'agrocarburants, INRA sciences sociales, n°2, décembre 2005.

CONTRIBUTION AU DÉBAT SUR LES BILANS EN TERMES D'ÉMISSION DE GES : LA POLÉMIQUE RÉCENTE SUR LE POIDS DU PROTOXYDE D'AZOTE N₂O

Bernard Seguin, INRA
Mission 'Changement climatique et effet de serre'
seguin@avignon.inra.fr

Pourquoi et comment la publication de l'article de Crutzen *et al.* (2007) a-t-elle déclenché une polémique? La réputation scientifique de son premier auteur a sûrement amplifié le débat. Connu pour ses travaux sur la chimie atmosphérique en lien avec la formation du trou d'ozone²⁴, il a été distingué par le prix Nobel de chimie en 1995.

Le pourquoi

Avec un coefficient moyen d'émission de 1 %, qui a remplacé depuis peu (IPCC 2006) le coefficient recommandé de 1,25 % considéré auparavant, l'estimation des émissions de N₂O résultant des activités agricoles et de l'élevage donnait à ce GES à fort pouvoir de réchauffement (de l'ordre de 300 sur 50 ans) un poids, certes fort aux apports d'engrais azoté, mais restant dans une gamme limitée dans les bilans faisant intervenir l'occupation du sol. Bien moins important que le méthane au niveau global, il prend en général la seconde place dans les pays à agriculture développée, avec une contribution de l'agriculture qui dépasse les 10 % des émissions de GES.

Appliqués au cas des agrocarburants, des calculs simples montrent, avec ce coefficient de 1 %, que les émissions de N₂O seraient susceptibles d'annuler environ 20 % du bénéfice escompté d'évitement du CO₂, ce qui certes n'est pas négligeable, mais n'est pas non plus dirimant.

Le comment

Si l'article a déclenché la polémique (dans un premier temps sur les agrocarburants, mais ses conséquences vont bien au-delà pour toute l'agriculture), c'est qu'il suggère un coefficient qui change tout : 4 à 5 %, au lieu de 1 %. D'où sort-il ? De l'analyse à l'échelle du globe, à partir du bilan de l'azote atmosphérique, et de son rapport aux apports d'azote par l'agriculture. Le coefficient d'émission directe par une culture n'est pas remis en cause, sachant par ailleurs que c'est une valeur moyenne par défaut, pouvant varier au minimum dans une gamme de 0,3 à 3 % dans le document de l'IPCC (2006) et même plus dans la synthèse des travaux de l'INRA sur le sujet (Germon *et al.*, 2003). Par contre, c'est à partir des émissions indirectes (après dépôt de l'ammoniac atmosphérique, du transfert de l'azote dans les formations aquatiques, etc.), et au-delà sur les sorties atmosphériques du cycle de l'azote, encore très mal maîtrisé à une échelle régionale, que pourrait s'expliquer ce saut quantitatif. Il faut noter que leur prise en compte est déjà effective dans la démarche IPCC, et conduit à une valeur moyenne de 1,7 %.

Cependant, le pas est tellement énorme qu'il a d'abord suscité un peu d'incrédulité, puis dans l'ensemble, sinon une approbation totale, du moins le sentiment assez général qu'il y a une part de vrai dans la démarche. Le forum de discussion sur l'article, que l'on peut consulter à <http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/7/11191/2007/acpd-7-11191-2007.html> permet de prendre la mesure de l'interrogation des spécialistes. Il n'y a pas, au final, de

²⁴ La destruction de l'ozone stratosphérique est provoquée par des réactions chimiques, lesquelles pourraient avoir été renforcées par le changement climatique. Elle entraîne une augmentation des flux de radiation d'ultraviolet.

consensus sur les contours de l'ACV (en particulier la prise en compte de l'élevage ou non), mais il n'apparaît pas de rejet frontal de la remise en cause du facteur 1 %. Même Bouwman, un des principaux inspirateurs du décompte de l'IPCC, tenant compte des éléments apportés par l'article, serait d'avis d'opter pour un facteur global de l'ordre de 2,7 %.

Et alors ?

Oui, et alors ? Il est vraisemblable qu'il faille attendre plusieurs années pour que l'impact effectif d'un apport azoté en termes d'émission de N_2O dans le bilan de GES d'un agrocarburant (mais aussi de n'importe quelle culture) puisse être évalué avec une précision acceptable. Entre l'échelle locale du champ, assez bien connue maintenant, même si la très forte variabilité spatio-temporelle laisse une grande marge de variation au facteur moyen 1 %, et l'analyse globale de Crutzen *et al.* (2008) qui est forcément approximative, il y a une large marge d'échelle spatiale, encore très mal connue pour le cycle de l'azote. Elle doit faire l'objet de recherches concertées au niveau européen (projet Nitro-europ), mais le défaut de connaissances est patent.

En l'absence de valeurs précises, il est seulement possible de formuler des hypothèses (par ex., 1 %, 3 %, 5 %) et du coup de porter une attention encore plus grande que par le passé aux relations existant entre la production et l'apport d'azote

Références

Crutzen P.J, Mosier A. R., Smith K. A. & Winiwarter W., 2007. N_2O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atm. Chem. Phys. Discuss.*, **7**, 11191-11205.

Germon J.C *et al.*, 2003. Les émissions du protoxyde d'azote d'origine agricole. *Etude et Gestion des Sols*, **10**, 215-226.

IPCC (2006) Guidelines for national greenhouse gas inventories, vol4, chapter11

LE DEVELOPPEMENT PREVU DES AGROCARBURANTS EST-IL COMPATIBLE AVEC L'ENGAGEMENT DE LA FRANCE D'ARRETER EN 2010 L'EROSION DE LA BIODIVERSITE SUR SON SOL ?

Serge Muller, UMR CNRS 7146
muller@univ-metz.fr.

Introduction

Les agrosystèmes destinés à la production d'agrocarburants constituent également des écosystèmes, qui abritent une biodiversité souvent originale, constituée par des espèces commensales des cultures. Cette biodiversité dépend des caractères climatiques et édaphiques des territoires de production, mais également de la nature des pratiques agricoles sur les parcelles concernées.

La biodiversité végétale dans les cultures

Les cultures abritent des communautés d'espèces végétales adventices spécifiques à ces habitats, qui ont été sélectionnées depuis le néolithique (Montégut, 1997) et dont la composition varie sensiblement en fonction des conditions édaphiques des habitats (Olivereau, 1996). Dès les années 1960, Aymonin s'inquiète de la régression des espèces messicoles²⁵ consécutive au désherbage chimique, à l'accroissement de la fertilisation, à la sélection des semences et au tri des graines (Aymonin, 1962). Cette évolution négative ne fera que s'accroître au cours des décennies suivantes et conduira au cri d'alarme du colloque de Gap en 1993 (Dalmas, 1997). Le constat de régression très inquiétant établi lors de ce colloque a conduit le Ministère chargé de la protection de la nature à adopter un « *plan national d'action pour la conservation des plantes messicoles* » (Aboucaya *et al.*, 2000). A cette occasion, il a été établi que 62 espèces messicoles sont en situation très précaire en France, dont 8 seraient disparues. Ce plan de conservation a prescrit un certain nombre de mesures d'amélioration des connaissances et de protection de sites hébergeant des cortèges importants de messicoles (Jauzein, 2001 ; Fried, 2004). Des actions spécifiques ont ainsi été mises en œuvre dans ce cadre pour la protection d'espèces très menacées comme *Garidella nigellastrum* ou *Nigella gallica*.

Heureusement, des îlots relictuels abritant des communautés d'adventices très riches et pratiquement intactes peuvent encore être découverts, à l'exemple du site de Fleury-sur-Ouche en Côte d'Or où ont été observées en 2007 sur une aire restreinte des messicoles aussi raréfiées que *Adonis flammea*, *Bifora radians*, *Nigella arvensis*, *Orlaya grandiflora*, *Thymelaea passerina*, etc. (Fried & Cadet, 2007). De telles découvertes attestent qu'il est encore possible (et donc urgent !) d'engager des programmes ambitieux de préservation et de restauration de la flore messicole.

La biodiversité animale inféodée aux cultures

De la même manière, les cultures abritent des communautés animales spécifiques, non seulement des espèces considérées comme des « ravageurs » du fait des dégâts qu'elles

²⁵ Les messicoles sont des plantes annuelles à germination préférentiellement hivernale habitant dans les moissons.

peuvent occasionner aux cultures, mais également des espèces patrimoniales, dont certaines bénéficient d'un statut de protection, au titre de la loi française de protection de la nature de 1976, de la convention internationale de Berne de 1982 et des directives européennes Oiseaux de 1979 et Habitat-Faune-Flore de 1992.

Ainsi l'**Outarde canepetière** (*Otis tarda*), oiseau protégé des milieux ouverts steppiques, a connu une très forte régression en France, puisque ses populations ont chuté de 7 200 mâles en 1980 à 1 300 en 2000, soit une diminution de 80% en 20 ans (Jolivet, 2001). Sa régression a été en particulier importante, par suite de l'intensification agricole, dans les plaines céréalières (Poitou-Charentes et Centre), qui abritent la dernière population migratrice de l'espèce en Europe. Des actions importantes de sauvegarde ont été mises en place, comme un programme LIFE (1997/2001) en régions Poitou-Charentes, Pays de la Loire et Centre, un plan national de restauration (2002/06), puis un deuxième programme LIFE (à partir de 2004) avec renforcement de la population des plaines céréalières, la mise en place, en application de la Directive Oiseaux de 9 Zones de protection spéciales (ZPS) en plaines céréalières (170 000 ha, abritant 250 mâles, soit 75 % de la population migratrice), ainsi que la création en 2001 sur 7400 ha de la Réserve nationale naturelle (RNN) des coussous de la Crau. Cette espèce avait également grandement bénéficié de la mise en place des jachères non cultivées. Leur remplacement par des cultures d'agrocultivants suscite de grandes inquiétudes pour l'avenir de l'espèce (Attié & Jolivet, 2005).

Le **Busard cendré** (*Circus pygargus*) est une autre espèce d'oiseau dont la survie dans notre pays est liée aux zones de culture. En effet, suite à la régression des zones humides, une part importante des populations de ce rapace niche dans des cultures (surtout dans le Nord-Est du pays), où les nichées sont menacées lors des moissons précoces. C'est pourquoi des opérations de suivi, de protection, voire de transfert des nichées sont réalisées tous les ans en France pour 500 à 1 000 couples de busards (soit environ 1/3 de la population nicheuse) sous l'égide de la Ligue pour la Protection des Oiseaux.

Le **Hamster commun** (*Cricetrus cricetrus*) est une espèce continentale uniquement présente pour le territoire national en Alsace. Cette espèce, qui était encore commune il y a 50 ans, a très fortement régressé suite à l'extension du maïs (Wencel *et al.*, 2003). Comme cette espèce est protégée par la convention de Berne et qu'elle figure à l'annexe 2 de la Directive Habitat-Faune-Flore de 1992, elle fait l'objet d'un « plan d'action pour le Hamster commun en Alsace » (Catusse, 2007).

De manière plus globale par rapport à l'évolution de la biodiversité des espaces cultivés, un programme intitulé STOC (Suivi Temporel des Oiseaux Communs) a été mis en place par le Muséum national d'histoire naturelle sur la base d'indicateurs avifaunistiques pour mesurer l'évolution de la biodiversité (Julliard & Jiguet, 2002). Cet indicateur montre une réduction de 23 % entre 1989 et 2006 des oiseaux des zones agricoles (F. Jiguet, comm. pers. 2007). Un oiseau aussi commun que l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*) a régressé pendant cette période de 28 %. Il illustre bien l'érosion de la biodiversité des espaces agricoles au cours des dernières décennies.

L'intérêt des jachères pour la conservation de la biodiversité

Les jachères, qui correspondent à des pratiques culturales très anciennes de « mise en repos » temporaire des terres, ont été imposées par la Politique Agricole Commune en 1992, dans le but de diminuer les productions agricoles pour l'alimentation. La superficie des jachères a ainsi atteint 1,2 millions d'ha en France. Même si elles n'avaient pas été mises en place dans un objectif environnemental, certaines jachères étaient devenues des territoires refuges de biodiversité, certes temporaires, dans les zones d'agriculture céréalière intensive.

Cela a été le cas en particulier des jachères « environnement et faune sauvage », mises en œuvre sur des surfaces toutefois modestes, de l'ordre de 20 000 à 30 000 ha selon les années (Decourtye *et al.*, 2007). Ces jachères ont toutefois contribué au sauvetage d'espèces rares et menacées, comme l'Outarde canepetière ou l'Oedicnème criard et également d'espèces plus communes comme les perdrix ou le Bruant proyer (Métais, 2007). Elles ont pu également constituer des territoires favorables pour la préservation des pollinisateurs, comme les abeilles (Decourtye *et al.*, 2007 ; Gadum *et al.*, 2007). Toutefois, une part de plus en plus importante de ces jachères a été progressivement utilisée pour des cultures énergétiques, qui ont mobilisé 790 000 ha de terres en 2006.

La décision de la Commission européenne prise en juillet 2007 de suppression de la jachère obligatoire, pour faire face à la demande mondiale accrue de céréales et de produits alimentaires, risque ainsi de supprimer totalement ces havres de repos et d'épanouissement de la biodiversité et ainsi de mettre en péril des espèces dont la survie avait été permise grâce à ces espaces préservés au milieu des monocultures agricoles.

L'évolution de la biodiversité et des superficies des prairies en France au cours des dernières décennies

Les prairies constituent également des agroécosystèmes, c'est-à-dire des écosystèmes déterminés par des pratiques agricoles spécifiques. Ces écosystèmes prairiaux abritent une biodiversité très originale, tant floristique que faunistique (Muller, 1996). Elles constituent l'habitat de nombreuses espèces végétales rares et menacées (Delpech, 1989), de même que d'espèces animales menacées, comme le Râle de genêts, le Courlis cendré, le Tarier des prés, etc. (Broyer, 1988, 1994). Ces milieux prairiaux ont déjà subi une forte réduction de leur surface en France au cours des dernières décennies du 20^{ème} siècle puisque, selon l'IFEN, 25 % des prairies permanentes ont été détruites entre 1970 et 1995 (Babillot, 1996). De plus, l'intensification des pratiques agricoles (fertilisation, drainage, fauche précoce) conduit à un recul très net de leur biodiversité (Broyer, 1988, 1994).

L'impact potentiel du développement des agrocarburants sur la biodiversité des cultures, des jachères et des prairies

Comme cela a été montré dans les présentations de Stengel (2008) et de Poux & Chevillotte (2008), le développement des agrocarburants implique une intensification des modes d'exploitation et une mise en culture des jachères, ainsi que le retournement de centaines de milliers d'hectares de prairies permanentes, dans le but d'atteindre les objectifs de production souhaités.

Cette intensification porterait directement atteinte aux communautés végétales et animales de ces habitats liées à des pratiques extensives et conduirait ainsi à l'effondrement des populations des espèces fragiles inféodées à ces milieux.

Conclusions

Ainsi, l'extension prévue des agrocarburants dans notre pays conduirait inéluctablement à une intensification des pratiques agricoles sur les parcelles destinées à la production d'agrocarburants, avec en outre une mobilisation accrue des terres qui étaient en jachères et, dans certaines régions, de milieux prairiaux sur des superficies très importantes. Le développement de ces cultures énergétiques se traduirait ainsi par un impact négatif très sensible sur la biodiversité de ces milieux.

Ces considérations plaident d'abord pour une limitation du développement des agrocarburants

en France et ensuite pour la mise en place concomitante de mesures compensatoires favorables à la biodiversité sur ces espaces agricoles.

Lors du « Grenelle de l'Environnement », les associations de protection de la nature ont ainsi proposé que 10% de la surface de chaque exploitation agricole soit dédiée à la biodiversité (haies, bandes enherbées non traitées, corridors écologiques, etc.), ceci de manière à permettre le maintien ou la restauration d'habitats favorables à la conservation de la biodiversité dans notre pays. Ce n'est qu'à cette condition que la France pourra respecter, pour ces espaces agricoles, son engagement d'arrêter à l'horizon 2010 l'érosion de la biodiversité sur son territoire.

Références

Aboucaya A., Jauzein M., Vinciguerra L. & Virevaire M., 2000. *Plan national d'action pour la conservation des plantes messicoles. Rapport final*. Conservatoires botaniques nationaux, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, 50 p. + annexes.

Attié C. & Jolivet C., 2005. Programme de renforcement de populations migratrices d'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* en France. Projet LIFE 04/NAT/FR/000091. Premier rapport d'activités intermédiaire sans demande de paiement. LPO, Rochefort, 71 p.

Aymonin G.G., 1962. Les messicoles vont-elles disparaître ? *Science et Nature*, **49**, 3-9.

Babillot P., 1996. Régression des milieux naturels: 25 % des prairies ont disparu depuis 1970. *Les données de l'environnement*, **25**, 1-4.

Broyer J., 1988. Dépérissement des populations d'oiseaux nicheurs dans les sites cultivés et prairiaux : la responsabilité de la modernité agricole. Rapport d'étude, SRETIE, Ministère de l'Environnement, Paris, 192 p.

Broyer J., 1994. La régression du rôle de genêts *Crex crex* en France et la gestion des milieux prairiaux. *Alauda*, **62**, 1-7.

Catusse M., 2007. Plan d'action pour le Hamster commun (*Cricetrus cricetrus*) en Alsace, 2007-2011. 2 tomes, Ministère de l'Ecologie, de l'Aménagement et du Développement Durable, DIREN Alsace, ONCFS.

Dalmas J.P. (Eds.), 1997. *Faut-il sauver les mauvaises herbes ? Actes du colloque de Gap*, 9-12 juin 1993. Conservatoire botanique national de Gap-Charance, 270 p.

Decourtye A., Lecompte P., Pierre J., Chauzat M.-P. & Thiébau P., 2007. Introduction de jachères florales en zone de grandes cultures : comment mieux concilier agriculture, biodiversité et apiculture ? *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, **54**, 33-56.

Delpech R., 1989. Espèces rares ou menacées des prairies et pâturages de France, nature des menaces, mesures conservatoires à envisager. Actes du colloque de Brest, 8-10 octobre 1987 « *Plantes sauvages menacées de France. Bilan et protection* », Conservatoire botanique de Brest, AFCEV, Bureau des ressources génétiques, pp. 403-410.

Fried G., 2004. *La flore messicole en Alsace. Etat des lieux, analyses des capacités de maintien et perspectives de conservation*. Mémoire de fin d'études d'ingénieur des techniques agricoles de l'ENESAD, Dijon, 127 p.

- Fried G. & Cadet E., 2007. Le lieu-dit « Beuchail » à Fleurey-sur-Ouche (21) : un site remarquable pour la flore messicole. *Le Monde des Plantes*, **493**, 19-23.
- Jauzein P., 2001. L'appauvrissement floristique des champs cultivés. *Dossier de l'environnement de l'INRA*, **21**, 65-78.
- Jolivet C., 2001. L'Outarde canepetière *Tetrax tetrax* en France. Statut de l'espèce à la fin du XX^e siècle. *Ornithos*, **8**, 89-95.
- Julliard R & Jiguet F., 2002. Un suivi intégré des populations d'oiseaux communs en France. *Alauda*, **70**, 137-147.
- Gadoum S., Terzo M. & Rasmont P., 2007. Jachères apicoles et jachères fleuries : la biodiversité au menu de quelles abeilles ? *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, **54**, 57-63.
- Métais M., 2007. Pour le maintien de la jachère ! *L'écologiste*, **23**, 8.
- Montégut J., 1997. Evolution et régression des messicoles. Actes du colloque « *Faut-il sauver les mauvaises herbes ?* », Gap 1993, Conservatoire Botanique National de Gap-Charance, pp. 11-32.
- Muller S., 1997. Déterminisme et évolution de la biodiversité dans les écosystèmes prairiaux. *Acta Botanica Gallica*, **143**, 233-238.
- Olivereau F., 1996. Les plantes messicoles des plaines françaises. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, **28**, 5-18.
- Poux X. & Chevillotte G., 2008. Quel impact de l'emprise des agrocarburants sur les sols agricoles en France en 2015 ? Séminaire « Agrocarburants et Développement durable », MEDAD et LEPII, Grenoble, 28 et 29 janvier 2008.
- Stengel P., 2008. Accroître la production des cultures énergétiques. Quelles pressions supplémentaires sur l'environnement ? Séminaire « Agrocarburants et Développement durable », MEDAD et LEPII, Grenoble, 28 et 29 janvier 2008.
- Wencel M.C., Losinger I. & Migot P., 2003. Evolution de l'aire de répartition du grand hamster en Alsace au cours du XX^{ème} siècle. *Ciconia*, **27**, 29-40.

QUELLES CONTRIBUTIONS DES SCIENCES CHIMIQUES ET DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR À LA MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES AGROCARBURANTS ?

J.B. Saulnier, Directeur du Programme Interdisciplinaire de recherche sur l'Energie CNRS
(juin 08)

Jean-bernard.saulnier@cirs-dir.fr

La nécessité de disposer de métrologies, et de modélisations adaptées à l'évaluation de l'impact environnemental, ainsi le besoin d'approfondir la maîtrise des procédés tant de production que d'usage des agrocarburants sont largement débattus. Ces questions impliquent la mise à contribution des sciences chimiques et des sciences de l'ingénieur.

Pour argumenter la démarche, on considèrera des objectifs maintenant classiques, tels l'évaluation des effets sur les sols (acidification, érosion...), sur l'eau (eutrophisation...) sur l'air (concentrations en polluants, transport-diffusion ...), l'impact des pesticides, et d'une façon plus large, la toxicité humaine et écologique, l'altération de la biodiversité...

La tâche est difficile, puisqu'il s'agit, face à un système complexe, actif, riche en phénomènes couplés entre eux, opérant à diverses échelles de temps et d'espace, d'identifier les variables à observer (fréquemment des concentrations...), de disposer des capteurs nécessaires (fiables, bons marchés, sensibles, intégrant éventuellement une intelligence délocalisée), de dialoguer avec eux aisément (télésurveillance, à moindre coût énergétique !) et de combiner les mesures avec des modèles prédictifs susceptibles de compléter efficacement les données spatio-temporelles très discrètes issues des mesures.

Je citerai trois exemples susceptibles d'éclairer la réflexion sur ces aspects particuliers de la méthodologie d'évaluation de l'impact environnemental :

1. Je partirai tout d'abord du fait bien acquis de la présence d'aldéhydes dans les produits de combustion des agrocarburants oxygénés (bio éthanol par exemple). Une fois émises, ces aldéhydes vont connaître, lors des mécanismes de transport-diffusion une cinétique chimique faisant apparaître divers composés chimiques de toxicité accrue. Il est donc certes important de pouvoir tracer le devenir de ces composés (métrologie, modèles...). Mais il apparaît tout aussi urgent de mettre au point les procédés qui, agissant sur la source même (le moteur), vont éliminer les aldéhydes, les piéger ou les transformer en composés moins problématiques. C'est là par exemple le rôle des experts en combustion ou en génie des procédés catalytiques. Ce raisonnement peut, dans son principe, s'étendre aux procédés même d'obtention des agrocarburants.

2. Pour ce qui est de la métrologie, il est clair que l'évaluation de l'impact passe par la mise au point de capteurs sensibles, de durée de vie appropriée, à bas coût, susceptibles de dialoguer commodément avec une centrale d'acquisition lointaine, et qui doivent donc être sobres en besoin énergétique. C'est bien là un défi posé à la chimie analytique, aux experts des sciences et des technologies de l'information et de la communication (STIC) et à ceux de l'énergie.

3. Enfin, la modélisation passe par le développement de modèles de connaissance (le sol, l'air, l'eau relèvent d'une approche des milieux continus, impliquant les concepts de sources, de réservoirs, les phénomènes de diffusion et de transport, la porosité, les

bassins,...) de phénomènes couplés et non linéaires. L'approche est en principe classique : elle peut relever de la résolution de problèmes directs ou de problèmes inverses (localisation des sources par exemple) et nécessite une certaine connaissance des propriétés du milieu (fluides, géochimie, poreux...). Il faut ajouter que pour passer à une exploitation commode, une étape importante réside dans la réduction des données issues de la modélisation et la construction d'observateurs de taille réduite, ce qui face aux phénomènes couplés et non linéaires impliqués, nécessite encore à ce jour un effort de recherche.

A travers ces trois exemples, j'ai voulu montrer que, pour aller vers une démarche rigoureuse destinée à aider à l'évaluation de l'impact environnemental des agrocarburants, il ne faut pas négliger l'étape préliminaire, permettant de caractériser l'agression apportée aux milieux, en termes de concentrations d'espèces, de connaître les modalités de transport diffusion et les échelles de temps et d'espace. Cela débouche sur autant d'entrées pour tenter d'aller ensuite vers la compréhension de l'interaction avec les milieux. C'est à cette condition ambitieuse que l'ingénierie écologique peut alors pleinement se développer, en relation forte avec les sciences chimiques et celles de l'ingénieur.

Enfin, évaluer l'impact ne doit pas conduire à demeurer dans une contemplation passive de ce dernier, mais doit aussi contribuer à déboucher sur des modes d'action efficaces pour le maîtriser et le réduire : la démarche évoquée, qui allie la puissance cognitive combinée des modélisations et des mesures opérées sur les systèmes sont de nature à en fournir une connaissance accrue et à identifier les pistes potentielles de réduction de cet impact.

METHODOLOGIE POUR ETABLIR UN REFERENTIEL DES BILANS D'ENERGIE, DE GAZ A EFFET DE SERRE ET DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES LOCAUX DES BIOCARBURANTS DE PREMIERE GENERATION EN FRANCE

Etienne Poitrat, ADEME
Etienne.poitrat@ademe.fr

Contexte

Le plan « biocarburants » français avait fixé un objectif d'incorporation de 7 % de biocarburants en 2010. Il visait à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les transports en substituant des carburants fossiles par des biocarburants au bilan GES plus favorable. D'autres objectifs sont également pris en compte comme la réduction des émissions polluantes, l'indépendance énergétique et la réduction des importations (pétrole, gazole et protéines), le maintien ou la création d'une activité agricole et industrielle et des emplois induits avec un objectif local de développement rural. En parallèle un objectif de 10 % pour 2020 a été retenu au niveau européen dans le cadre de l'élaboration de la future directive Energies Renouvelables, sous réserve de trois conditions, que les biocarburants soient produits avec des méthodes garantissant leur durabilité (avec notamment un gain minimal de réduction des émissions de GES), que les biocarburants de 2^{ème} génération soient disponibles et que la directive qualité des carburants soit modifiée.

La décision de lancer ce plan a été fondée sur les résultats de l'étude ADEME/DIREM « Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France » (2002). Selon cette étude, les gains nets en GES sont de l'ordre de 60 % pour l'éthanol (blé ou betterave) et de 70 % à 75 % pour le biodiesel (colza, tournesol) en comparaison respective avec l'essence et le gazole.

La grande majorité des analyses de cycle de vie (ACV) montre que les agrocarburants ont globalement un impact positif sur la réduction des GES et les bilans énergétiques par rapport aux carburants d'origine fossile. Toutefois, l'ampleur de cet impact varie selon les études et fait débat. Les divergences proviennent des choix d'hypothèses et des méthodes.

L'ADEME, conjointement avec l'IFP (Institut Français du Pétrole), le MEDAD (Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables) le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (MAP), l'ONIGC (l'Office National Interprofessionnel des Grandes Cultures), a lancé dès juillet 2007 un appel d'offre pour une étude sur « la méthodologie à appliquer pour établir le référentiel des bilans d'énergie, de GES et des polluants atmosphériques locaux des biocarburants de 1^{ère} génération en France ». Cette étude, confiée au consultant Bio Intelligence Service (BIOIS), est la première partie de la réponse à l'une des recommandations du Grenelle de l'Environnement qui préconise que soit conduite une « expertise exhaustive et contradictoire du bilan écologique et énergétique des biocarburants de première génération pilotée par l'ADEME ». La seconde partie de la réponse sera l'étude de bilans des filières de production française de biocarburants que l'ADEME lance actuellement sur base de la méthodologie recommandée.

Cette première étude s'est donnée comme objectifs : l'analyse et la comparaison des principales méthodologies utilisées dans les ACV sur les biocarburants ; l'élaboration d'un outil de calcul des bilans ; l'analyse de sensibilité des bilans aux paramètres méthodologiques ; la formulation de recommandations sur la méthodologie à suivre, compte tenu de sa pertinence environnementale et de sa faisabilité opérationnelle.

Les filières biocarburants étudiées sont les suivantes : éthanol de blé, betterave, maïs, canne à sucre (importé); biodiesel de colza, tournesol, huiles animales, palme (importé), soja (importé), huile végétale pure; essence SP 95, gazole. La filière ETBE est prise en compte via

l'étude de l'éthanol.

Un comité de pilotage réunissant : ADEME, IFP, MEDAD, MAP, ONIGC, avait pour rôle le suivi et l'approbation des travaux. Un Comité Technique réunissant des représentants de centres techniques, de filières agricoles, des filières industrielles des biocarburants, du pétrole et des déchets, des constructeurs automobiles et d'associations environnementales a eu pour rôle de valider les aspects techniques et de fournir les éléments nécessaires au consultant.

Biocarburants : un bilan énergie et gaz à effet de serre dépendant de 4 facteurs clés

L'analyse des différents bilans a permis de déterminer quatre paramètres importants et essentiels de ce nouveau référentiel :

Le changement d'affectation des sols : ce changement peut être direct (une forêt est remplacée par un sol affecté aux biocarburants) ou indirect (lorsqu'une culture énergétique remplace une culture alimentaire qui est déplacée sur une prairie ou une forêt).

Ainsi, si les puits de carbone que sont les prairies et les forêts sont transformés en terres de culture pour des biocarburants, le carbone stocké est largué dans l'atmosphère et le bilan d'émissions de GES devient très négatif. Il faut par exemple 200 ans pour revenir à un bilan CO₂ positif quand une forêt est abattue au profit d'une culture de colza destinée à la production de biocarburant.

Pour ce qui concerne la France et l'Europe, compte tenu des règles de la Politique Agricole Commune (PAC) qui restreignent la conversion des prairies permanentes et du fait que les biocarburants sont produits sur des terres arables, il n'y a pas de changements directs d'affectation des sols. En revanche, la question des dispositions applicables aux biocarburants et matières premières agricoles importées reste posée et l'étude recommande un suivi international de l'utilisation des sols, ainsi qu'un approfondissement des études existantes relatives aux changements d'affectation indirects, dans l'objectif d'aboutir à un mode de prise en compte explicite.

La répartition des consommations et des émissions de GES entre produits et coproduits. Pour répartir les émissions de GES entre les biocarburants (le produit principal) et les co-produits de fabrication (par exemple drèches ou tourteaux destinés principalement à l'alimentation animale), l'étude recommande de se baser sur les contenus en énergie respectifs des biocarburants et des co-produits. Cette préconisation rejoint celle de la proposition de directive européenne relative à la promotion des énergies renouvelables.

Les quantités de N₂O émis à la suite de l'épandage d'engrais azotés pour la fertilisation des sols cultivés en fonction du type de cultures et de la nature des sols. Le protoxyde d'azote (N₂O) est à fort pouvoir de réchauffement global (296 fois supérieur à celui du CO₂). L'incertitude sur le calcul de ces émissions reste grande, principalement à cause du facteur de conversion des engrais azotés en N₂O atmosphérique, c'est-à-dire le pourcentage d'azote appliqué sur la parcelle qui est réémis dans l'atmosphère sous forme de N₂O. Ce facteur varie selon les analyses internationales entre moins de 1 % et 5 %. L'étude recommande de retenir la valeur de 1,33 % par kg d'azote utilisé, préconisée par l'IPCC (Panel intergouvernemental sur le changement climatique), qui se décompose en un facteur d'émissions directes de 1 % et d'un facteur d'émissions indirectes de 0,33 %, dont 0,23 % en raison du lessivage et 0,1 % en raison de la volatilisation. L'étude recommande, en outre, de poursuivre les travaux de l'INRA pour obtenir des facteurs d'émission spécifiques des cultures françaises.

Les émissions de GES et les consommations d'énergie pendant la phase de construction des infrastructures (silos, bâtiments agricoles, usines) et équipements (tracteurs, machines) nécessaires à la production des biocarburants. Certaines analyses laissent penser que, pour les étapes agricoles, cet amortissement pourrait ne pas être négligeable (supérieur au seuil de coupure prévu par la norme sur les analyses de cycle de vie (ACV). Cependant l'objectif de ces ACV est de comparer les filières biocarburants et les filières pétrolières pour lesquelles

ces émissions ne sont pas comptabilisées. L'étude recommande donc, par souci d'homogénéité avec la méthodologie appliquée dans les bilans des filières pétrolières, de ne pas prendre en compte l'amortissement des infrastructures et équipements agricoles.

Biocarburants : un impact énergie et gaz à effet de serre positif sous conditions

L'étude "Elaboration d'un référentiel méthodologique pour la réalisation des Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de 1^{ère} génération en France" apporte plusieurs enseignements pour la politique française en matière de biocarburants.

Tout d'abord, elle recommande plusieurs modifications dans les méthodes de calcul des performances des biocarburants, ce qui tend à réduire potentiellement les économies de gaz à effet de serre associées, mais confirme l'intérêt et la fiabilité des bilans des filières françaises, au vu des données dès aujourd'hui disponibles.

Elle met ensuite en évidence l'impact des émissions de gaz à effet de serre liées aux changements d'affectation des sols sur le bilan global. Elle confirme l'intérêt des dispositions de la Politique Agricole Commune en limitant cet impact, en s'assurant de l'absence de conversion en cultures de zones à fort contenu en carbone comme les forêts, les tourbières ou les prairies permanentes et la nécessité de s'assurer de la mise en place de dispositions équivalentes à l'égard des produits importés.

L'ADEME lance dès maintenant, en association avec le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, et l'ONIGC, une étude complémentaire pour actualiser les données disponibles sur les différentes filières de biocarburants et évaluer sur la base de ce nouveau référentiel, leurs bilans filière par filière et culture par culture. Cette étude permettra de mener à son terme le bilan exhaustif et contradictoire recommandé par le Grenelle de l'Environnement. Les résultats de cette étude devraient être disponibles au premier semestre 2009.

Elaboration d'un référentiel méthodologique la réalisation des Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de 1^{ère} génération en France

Les objectifs :

- l'analyse et la comparaison des principales méthodologies utilisées dans les ACV sur les biocarburants ;
- l'élaboration d'un outil de calcul des bilans ; l'analyse de sensibilité des bilans aux paramètres méthodologiques ;
- la formulation de recommandations sur la méthodologie à suivre, compte tenu de sa pertinence environnementale et de sa faisabilité opérationnelle.

Les filières biocarburants étudiées : éthanol de blé, betterave, maïs, canne à sucre (importé), biodiesel de colza, tournesol, huiles animales, palme (importé), soja (importé), huile végétale pure; essence SP 95, gazole. La filière d'incorporation de l'éthanol sous forme d'ETBE est indirectement prise en compte via l'étude de l'éthanol ; un bilan plus spécifique sera effectué dans les études ultérieures.

Un comité de pilotage réunissant : ADEME, IFP, MEDAD, MAP, ONIGC a eu pour rôle le suivi et l'approbation des travaux.

Un comité technique réunissant des représentants de centres techniques, de filières agricoles, des filières industrielles des biocarburants, du pétrole et des déchets, des constructeurs automobiles et d'associations environnementales a eu pour rôle de valider les aspects techniques et de fournir les éléments nécessaires au consultant.

III

L'OCCUPATION DES SOLS PAR LES AGROCARBURANTS EN FRANCE A L'HORIZON 2015

LA CONCURRENCE POUR L'ESPACE EN FRANCE D'ICI 2015 : UNE INTRODUCTION

Jean-Marc Salmon, ETOS/T & S SudParis
jmsalmon@gmail.com

QUELS IMPACTS SUR L'OCCUPATION DES SOLS ?

Quels risques environnementaux peut entraîner l'incorporation de 10% d'agrocarburants dans l'essence et le diesel à l'horizon 2015 en France et 2020 dans l'Union européenne ? L'ampleur des conversions que doivent opérer les agriculteurs pour satisfaire ces objectifs est importante. Peut-elle être comparée à celle de la montée en puissance du maïs ? Pour en donner une image, le MEEDDAT a demandé au bureau d'études ASca de décrire « une entreprise France » qui couvrirait tous ses besoins en agrocarburants (Poux, 2008). Comme il va de soi qu'une partie sera couverte par des importations, cette hypothèse d'école a été retenue pour expliciter les limites nationales et estimer « le plancher physique » des importations. Il va également de soi que pour des raisons économiques ou pour d'autres comme les règles de la concurrence internationale, les quantités importées pourraient être plus élevées. Les travaux d'ASca permettent ainsi de représenter les empreintes écologiques que la France va projeter sur les pays tropicaux afin de satisfaire son objectif de 10 %.

Pour couvrir, en 2015, l'ensemble des besoins par une production française, la mobilisation d'espace supplémentaire est évaluée entre 1 et 2 millions d'hectares. Elle se ferait au détriment des Terres Agricoles Non Cultivées (TANC), c'est-à-dire des jachères industrielles et PAC, dont la superficie diminuerait des 4/5. En outre, on pourrait craindre une réduction des herbages d'un dixième. En termes de dégradations environnementales, un seuil pourrait être franchi.

À cette évaluation qualitative des impacts environnementaux, s'ajoutent des effets négatifs, quantifiables, sur les bilans des gaz à effet de serre (GES). La transformation d'un à deux millions d'hectares de TANC et de prairies provoquera des dégagements importants de carbone préalablement stocké dans le sol, et de gaz azotés (cf. supra).

Les différentes filières de production d'agrocarburants ont des impacts environnementaux fort différents, masqués par l'approche globale. D'une façon générale, moyennant le respect de certains itinéraires techniques, la betterave échappe largement à ces critiques. C'est que son potentiel énergétique la situe au niveau de la canne à sucre brésilienne, soit deux fois plus au minimum que celui du blé, du colza et du tournesol. Il en résulte en général que les émissions de gaz à effet de serre sont nettement moindres pour la betterave que pour les autres filières françaises.

La culture cruciale, pour ses impacts via le changement d'occupation des sols, est celle du colza pour le diesel. Sa production devrait doubler pour satisfaire les normes d'incorporation retenues. Les projections d'ASca à l'horizon 2015, si l'on entend avoir un produit intégralement domestique, pointent la possibilité d'un déficit de terres. Il sera encore plus prononcé si les rendements du colza peinent à s'améliorer. Dans l'hypothèse où leur hausse persiste à un niveau élevé, les espaces consacrés aux prairies seraient affectés. Mais les rendements du colza progresseront-ils ? C'est la première incertitude de taille. Sur la période 1998-2006, ils ont stagné. Mais, si l'on élargit la période de référence jusqu'à 1989, les rendements ont crû annuellement en moyenne de 0,25 quintaux à l'hectare.

Il est possible que la conjonction des contraintes physiques, des terres disponibles et des données économiques – qui avantageront plus ou moins les importations selon l'issue des négociations sur la libéralisation globale du commerce – diminuent par contrecoup les

pressions sur la biodiversité en France. Il y aurait alors un transfert d'impact écologique, des délocalisations des productions, un déplacement de la concurrence pour l'espace vers des pays tropicaux.

L'ampleur de l'empreinte écologique projetée dans le Sud sera, pour une part, fonction de l'évolution des rendements du colza. Des scénarios de l'office professionnel des céréaliers tablent sur une importation de 20 % d'huiles pour satisfaire les objectifs de 2015.

Le conseil scientifique de l'Agence européenne de l'environnement estime lui aussi que la volonté de l'Europe d'incorporer 10 % d'agrocarburants n'est pas possible au vu des terres disponibles : « l'objectif de 10 % exigera des importations supplémentaires de biocarburants. La destruction accélérée des forêts tropicales causée par l'augmentation de la production d'agrocarburants peut déjà être constatée dans quelques pays en voie de développement. Une production durable en dehors de l'Europe est difficile à mettre en œuvre et à observer. »²⁶

QUELS IMPACTS SUR LES ZONES D'ELEVAGE ?

L'intensification des usages des sols se répartit fort différemment selon les régions. L'approche nationale masque d'importants contrastes régionaux. La zone de prédilection du colza se situe au nord d'une diagonale allant de La Rochelle à Strasbourg. C'est là que les pressions sur les surfaces herbagères vont se manifester. Dans certaines régions on ne peut exclure qu'un cinquième des prairies soient retournées (cf. Poux, infra).

Comment s'organisera la conversion des prairies en terres de culture pour les agrocarburants ? Provoquera-t-elle une concentration de terres autour d'exploitations déjà converties aux productions agroénergétiques ?

Ou, à l'inverse, verra-t-on des exploitations vouées à l'élevage abandonner cette orientation pour se reconvertir dans les cultures énergétiques ? Le différentiel croissant de revenus entre céréaliers et éleveurs pourrait donner à le croire. Les professionnels de l'élevage restent cependant largement sceptiques. Selon eux, c'est à l'occasion de la reprise de l'exploitation familiale par la génération suivante que s'opèrent des réorientations drastiques de la production. Si on les suit, les conversions de prairies en terres agroénergétiques affecteront, à un rythme lent, les zones d'élevage, intensif ou extensif. Par contre, les exploitations mixtes basculeraient rapidement vers les cultures énergétiques.

Ainsi, dans les régions de prédilection du colza, au nord de la ligne La Rochelle-Strasbourg, le changement d'occupation des sols pourrait se concentrer dans les régions mixtes qui se partagent entre les cultures et l'élevage.

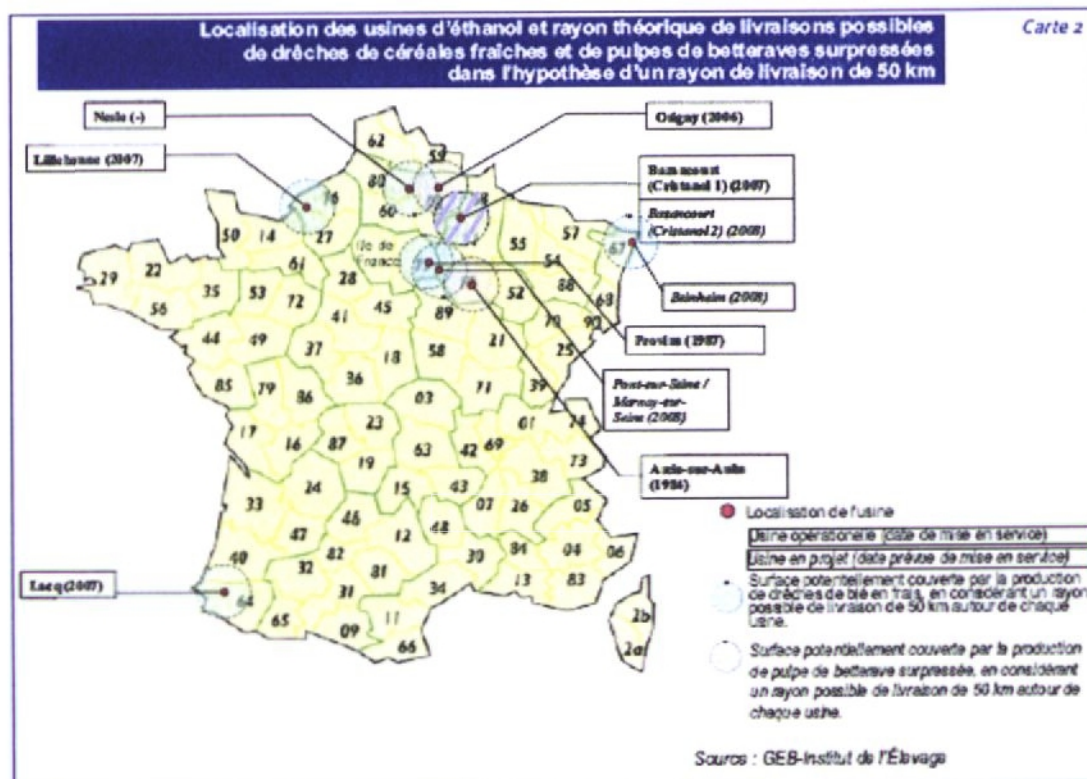
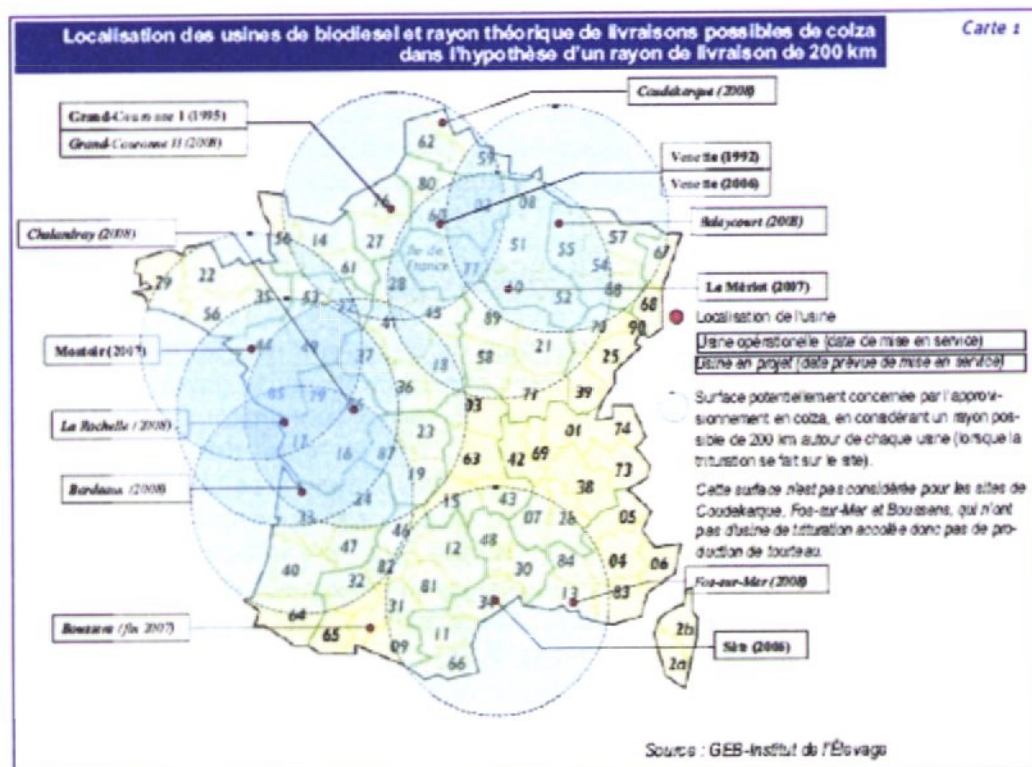
Le fossé qui, dans le cadre de la Politique Agricole Commune (PAC), sépare les revenus des éleveurs de ceux des cultivateurs pourrait s'approfondir. La polarisation spatiale se doublerait d'une polarisation sociale.

Pour des professionnels de l'élevage, cette évolution serait irréversible. La perte de savoir-faire serait difficilement surmontable dans le cas d'un éventuel abandon des cultures énergétiques pour revenir à l'élevage. Ces évolutions s'inscrivent dans un contexte où les systèmes de production agricole se simplifient – ce qui défavorise l'élevage, activité complexe et difficile à optimiser.

Si ces hypothèses devaient se confirmer, les pressions des changements d'occupation des sols sur l'environnement se concentreraient spatialement. Dans certaines régions, le seuil de forts impacts environnementaux pourrait-il être franchi avant 2015 ?

Les autres zones d'élevage seront sans doute affectées dans leur style de travail par l'afflux massif de tourteaux eux-mêmes issus de la production d'agrocarburants puisque provoqué par la hausse des productions de colza. Alors que la France est aujourd'hui importatrice, elle développerait une capacité exportatrice. Quel sera l'effet sur les prix domestiques ? Baisseront-ils au point d'encourager une utilisation plus large par les éleveurs ? L'élevage intensif y trouvera-t-il un intérêt pour se développer ? Le hors-sol sera-t-il encouragé ?

Dans quelle mesure ces évolutions seront-elles plus marquées à proximité des usines d'agrocarburants ? Là encore, les influences seront différentes selon les filières de production.



Pour les professionnels de l'élevage, cette influence se manifestera pour les drêches de céréales fraîches²⁷, dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres (Institut de l'élevage, 2007). Les effets potentiels sur l'élevage seraient circonscrits à quelques départements: l'Aisne, les Ardennes, l'Aube, la Marne, le Bas-Rhin, la Seine-Maritime et la Somme. Aujourd'hui, seuls 7 % des vaches laitières françaises et 5 % des vaches allaitantes se trouvent dans ce rayon d'une cinquantaine de kilomètres autour des usines de fabrication d'éthanol. En revanche, il est admis que le rayon pour les tourteaux de colza pourrait aller jusqu'à 200 kilomètres. Les régions Rhône-Alpes et Franche-Comté seraient les seules qui resteraient à l'écart de cette influence en l'état actuel des implantations.

ESSENCE ET DIESEL : EQUILIBRE OU DESEQUILIBRE ?

Les filières agroénergétiques vont être sollicitées différemment d'ici 2015. L'union Française des Industries Pétrolières (UFIP) estime que les consommations de gazole seraient appelées à progresser et celles de l'essence chuteraient de façon concomitante. Or, les marges de manœuvre pour une production nationale se situent du côté des filières essence. La production actuelle de blé suffirait à couvrir les besoins alimentaires et énergétiques en 2015 (Agreste, 2007), pour autant que l'on accepte une baisse des exportations.

À l'inverse, pour le diesel, l'apport des agrocarburants vient essentiellement du colza. Et c'est pour cette filière que la concurrence pour l'espace va se jouer jusqu'au détriment des surfaces herbagées. Ces pressions s'accroîtront sensiblement après 2010 : la production d'agrocarburants pour le diesel devrait doubler (AScA, 2008). Et c'est dans cette période que pourrait être franchi un seuil de dégradation environnementale dans certaines régions.

Les fluctuations des prix de l'énergie et de l'agriculture pèseront d'autant plus dans les arbitrages des agriculteurs que la situation sera tendue par la volatilité des prix agricoles.

Les exploitants seront à même d'opérer un choix financier plus avisé après plusieurs années consécutives de production dédiée aux opérateurs d'agrocarburants : les contrats d'approvisionnement, souvent de cinq ans, qui les lient aux usines de traitement, seront échus durant cette période. Il n'y a pas de différences de qualité entre les produits agricoles énergétiques et alimentaires. Choisiront-ils de renouveler leurs contrats ?

On ne saurait sous-estimer le rôle des prix et des marchés dans les évolutions des productions d'agrocarburants, à l'instar de celles des autres sources d'énergie ou de productions alimentaires.

PEUT-ON STABILISER LES PRESSIONS SUR L'ENVIRONNEMENT ?

Différents garde-fous environnementaux peuvent être envisagés. L'Agence européenne de l'environnement a testé un scénario qui préserve l'environnement. Il suppose, entre autres, la non-transformation de prairies en terres agricoles et de larges progrès des cultures propices à l'environnement pour compenser le développement de cultures énergétiques intensives (AEE, 2007).

AScA a testé le maintien en France des surfaces de prairies et de TANC au niveau de 2006 avec la combinaison de rotations plus lentes pour le colza et le tournesol. Une telle politique n'affecte pas les capacités à couvrir l'ensemble des besoins d'incorporation pour les filières blé, betterave et tournesol. C'est seulement dans la filière colza que la production nationale ne pourrait satisfaire que les trois-quarts des besoins.

Des importations d'agrocarburants apparaissent plausibles, voire probables. La cohérence écologique demanderait bien sûr que l'on s'assure que les importations satisfassent à des critères agro-environnementaux. Est-ce possible ?

²⁷

Les drêches de céréales sont les débris issus de la séparation des grains de leurs enveloppes.

Références`

AEE, 2007. Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture, Copenhagen.

Institut de l'élevage, 2007. Les agrocarburants et l'élevage- Atout ou menace pour les ruminants ? *Dossier Economie de l'élevage*, Décembre 2007, **373**.

Poux X. & Chevillotte G., 2008. Elaboration de scénarios contrastés d'usages des sols agricoles associés aux agrocarburants, AscA, Paris.

SCEES, 2008. Développement des cultures énergétiques à l'horizon 2015 : quelles marges de manoeuvre pour les productions ? *Agreste Primeur*, **206**, janvier 2008.

SCENARIOS DE DEVELOPPEMENT DES AGROCARBURANTS : QUELS IMPACTS SUR L'EMPRISE AGRICOLE ?

Xavier POUX, AScA-RGTE
xavier.poux@AScA-net.com

Les enjeux d'une évaluation des besoins en terres agricoles pour les agrocarburants

Que l'on se place à l'échelle mondiale, européenne ou nationale, la question de l'emprise des agrocarburants (AC) sur les usages du sol est omniprésente dans le débat relatif à leur évaluation globale, sur les plans économiques et environnementaux en particulier. Les surfaces mobilisées vont-elles concurrencer la production alimentaire ? Vont-elles induire une pression accrue sur les sols et l'intensification de leur usage ? Dans le cas français, cette question se pose avec d'autant plus d'acuité que les objectifs nationaux en la matière (10% d'incorporation à 2015) vont plus loin et plus vite que les objectifs communautaires (ces objectifs devant être atteints en 2020).

Paradoxalement, malgré l'urgence d'une question aussi « basique » que celle des besoins en terres induits par cet objectif ambitieux pour 2015, il n'est pas d'étude qui indique clairement l'emprise des AC correspondants. La publication récente du service statistique du ministère de l'Agriculture (SCEES, 2008) calcule les impacts sur les bilans nationaux de céréales, sucre et oléoprotagineux mais sans indiquer clairement de surfaces correspondantes. D'autres publications traitent de la question des surfaces correspondant aux objectifs de 5,75% ou 7% d'incorporation (2010), avec des résultats contrastés voire contradictoires. Ainsi, l'INRA estime que 1,8 millions d'ha sont nécessaires pour souscrire à l'objectif de 5,75% (Sourie *et al.*, 2005) alors que l'Office national interprofessionnel des grandes cultures (ONIGC) arrive à 1,3 millions d'ha pour l'objectif pourtant supérieur de 7%. Au total, les différences de résultats s'expliquent par des choix méthodologiques qu'il n'est pas toujours facile de repérer dans les étapes de calcul, mais dont les conséquences en termes de résultats sont importantes.

Le présent papier propose tout à la fois un aperçu d'une méthodologie proposée pour évaluer les besoins en terres agricoles à l'échelle nationale à l'horizon 2015 et en illustre les enjeux via la construction de scénarios faisant varier les hypothèses cruciales du modèle employé, en se cantonnant à la question de l'emprise physique sur les terres agricoles et négligeant les régulations économiques qui ne manqueront pas d'intervenir.

Précisons ici le parti pris de « boucler » l'analyse à l'échelle nationale. L'atteinte de l'objectif de 10% d'incorporation peut passer par des importations. Les scénarios établis par le ministère de l'agriculture et l'ONIGC retiennent ainsi 20% d'importation d'huiles, ce qui nécessite de ne produire que 80% à l'échelle nationale. Mais l'intérêt d'un tel bouclage est de mieux révéler les enjeux liés aux transferts d'impacts éventuels et de mieux poser les questions suivantes : si la France est déficitaire et doit importer, à quelle hauteur doit-elle le faire ? Par ailleurs, si elle n'arrive pas à boucler son bilan, dans quelle mesure est-il plausible que d'autres pays européens puissent l'aider à le faire dans la mesure où ils seront engagés dans la même politique (autrement dit : où sont les marges de manœuvre en terres à l'échelle européenne ?). S'il faut importer de pays tiers – de l'huile de palme notamment – à quelle hauteur faut-il l'envisager ? L'étude n'a pas pour objectif de répondre à ces questions de manière quantifiée, mais de poser les ordres de grandeur des écarts éventuels à l'objectif d'incorporation de 10%, sous différents scénarios.

Quels besoins en matière première induits par l'incorporation de 10% d'agrocarburants au plan national ?

Cette question est logiquement à la base de toute évaluation des besoins en terres agricoles. Elle se retrouve dans l'ensemble des études dans le domaine et consiste à estimer le nombre de tonnes de produits agricoles nécessaires pour souscrire à l'objectif de 10% évoqué plus haut. Précisons d'emblée que l'horizon 2015 apparaît trop proche pour que les AC de seconde génération soient opérationnels ; on doit ainsi raisonner à partir des AC de première génération — blé et betterave pour l'éthanol, colza et tournesol pour les huiles végétales.

Les prévisions de consommation de carburants disponibles pour 2015 indiquent une diminution de la consommation d'essence et une augmentation de celle de gazole. Pour ce dernier carburant, le plus significatif en terme de consommation de terres, l'hypothèse est celle d'une consommation de 35,6 Mt de gasoil en 2015 (source UFIP) à comparer aux 31,9 Mt actuels (2007) et 33,8 Mt (2010). Sur cette base, les besoins en biodiesel peuvent être estimés à 2,7 Mt en 2010 et 4,1 Mt en 2015, soit une augmentation de 50% sur cinq ans. On mesure le fait qu'une différence de quelques points en termes d'objectifs d'incorporation n'est pas négligeable dans les besoins en matière première et, partant, en surfaces nécessaires. Pour l'éthanol ce sont 0,7 Mt qui seraient nécessaires en 2015.

Sans rentrer ici dans les détails de calcul, les 0,7 Mt d'éthanol peuvent être atteints en transformant 1,8 Mt de blé et 3,3 Mt de betteraves, et les 4,1 Mt d'huiles en transformant 3,6 Mt de colza et 0,5 Mt de tournesol. Sur ces dernières cultures, la couverture de ces besoins en AC combinée aux usages actuels reviendrait à plus que doubler la production de colza nationale (9,2 Mt en 2015, rendant la France potentiellement exportatrice en tourteaux).

Comment estimer les besoins théoriques en surface nationale associés à ces besoins en matière première ?

Dans ce domaine, la plupart des études déjà citées partent d'un calcul simple : la surface nécessaire pour produire 3,6 Mt de colza, par exemple, est obtenue en divisant cette quantité par un rendement moyen national projeté à 2015. Cette méthode soulève d'emblée deux questions en grande partie interdépendantes : (1) celle de l'estimation de ce rendement national moyen futur (2) celle de la régionalisation des hypothèses. Dans la mesure où les régions productrices de blé et de colza se recoupent largement, en additionnant simplement des moyennes nationales, on prend le risque de faire produire au même hectare à la fois du blé et du colza. Il faut donc aller plus loin dans la cohérence des hypothèses en posant la question des assolements régionaux et en estimant dans quelle mesure la conquête de nouvelles surfaces ne se fait pas sur des terres marginales, où les rendements sont inférieurs à la moyenne nationale.

Concernant le rendement, sa grande variabilité pour le colza (culture déterminante dans les besoins en surface), rend particulièrement difficile l'extrapolation. Sur un plan analytique, il y a autant d'arguments à la hausse (progrès génétique et phytosanitaire) qu'à la stagnation, voire la baisse (maladies, raccourcissement des rotations). Les statistiques reflètent cette difficulté d'extrapolation : de 1989 à 2006, le rendement national a crû en moyenne de 0,25 qx/ha/an ; de 1996 à 2006 il a baissé en moyenne de 0,04 qx/ha/an pour croître à nouveau sur les cinq dernières années.

Différents scénarios envisageables selon la pression sur les terres agricoles

Les différentes hypothèses prises sur les variables « assolements » et « rendements » permettent d'envisager différents scénarios dont nous nous contenterons ici d'évoquer les principaux résultats.

→ Le premier scénario repose sur une hypothèse d'une croissance de rendements soutenue dans l'ensemble des régions (on atteint alors 36 qx en moyenne nationale agrégée pour le colza) combinée à un part significative du colza dans les assolements régionaux, à hauteur

d'un quart des surfaces en grandes cultures. Il repose implicitement sur une intensification des itinéraires techniques et des caractéristiques agronomiques des terres agricoles compatibles avec du colza sur ¼ des surfaces. Une des conclusions importantes de l'étude est de révéler que l'objectif d'incorporation de 10 % à partir de la production nationale n'est envisageable que dans cette combinaison d'hypothèses très favorables. Dans ce scénario, l'augmentation des rendements en blé permet de maintenir les exportations de blé malgré la substitution de ce dernier par le colza dans les régions du Nord de la France et l'incorporation de 1,8 Mt de tonnes dans la filière éthanol.

→ Une variante de ce premier scénario considère que si les rendements moyens en 2015 restent stables (32 qx pour le colza) les objectifs d'incorporation ne peuvent être pleinement atteints sur la base de la sole nationale (92 % des besoins nationaux seulement pour le colza, l'objectif pour le tournesol étant atteint plus facilement). Dans ce scénario, les exportations de blé diminuent de 15 %.

→ Un second scénario considère que, si les rendements sont stables, les 10 % d'incorporation ne peuvent être atteints qu'en mettant les prairies à contribution. Sous ces hypothèses, ce sont près de 1 million d'hectares de prairies cultivées et naturelles qui doivent être mobilisées pour atteindre les objectifs. En moyenne nationale, cela représente 9 % de l'ensemble des prairies, mais dans les régions productrices de colza, cette hypothèse revient à retourner environ 20 % des prairies. L'augmentation des surfaces cultivées permet d'envisager une hausse des exportations de blé (+18 % dans ce scénario).

→ Un troisième scénario part d'hypothèses d'emblée plus favorables à l'environnement : maintien de l'enveloppe des prairies dans toutes les régions et maintien de 10 % des surfaces en couvert écologique sur la SCOP, la surface en céréales et oléoprotéagineux (correspondant aux jachères PAC présentes jusqu'en 2007). Les rotations sont également rallongées en considérant le colza présent sur 1/5 de la sole régionale. Cette dernière hypothèse est combinée à un rendement à la hausse, considérant que les rotations longues limitent les risques de plafonnement de rendement. Sous ces hypothèses, on ne peut produire qu'un peu plus des ¾ du colza et tournesol nécessaires (83 % si les surfaces en couvert écologique sont ramenées à 3 % de la SCOP).

Conclusion : une politique aux réels impacts en termes d'usage du sol

Il ressort de ce travail que l'objectif d'incorporation de 10 % d'AC à l'horizon 2015 *sur la seule sole nationale* ne peut être atteint que sous des conditions de rendement et d'aptitude des sols à être cultivés en colza très favorables, sans parler de la capacité et du souhait des agriculteurs à tous s'engager dans cette voie. Rappelons ici les limites assumées de l'hypothèse consistant à « boucler » le bilan au niveau national : rien n'indique que l'objectif d'incorporation doit être atteint sur la seule base de la production domestique. Mais cette limite a aussi son intérêt : elle révèle les écarts par rapport à ce qu'on pourrait assimiler à une « empreinte écologique » de l'objectif d'incorporation d'AC à 10 %, en montrant l'ordre de grandeur des transferts d'impacts qu'il faut envisager. C'est dans cette optique qu'il faut lire les chiffres qui précèdent.

Rappelons également, avant de pousser plus loin les discussions que, pour le colza — qui ressort logiquement comme la culture critique par rapport à l'atteinte ou non des objectifs d'incorporation — l'hypothèse d'une hausse de rendement continue est d'autant plus discutable que la fraction en colza augmente nécessairement dans l'ensemble des scénarios et qu'une fraction importante de cette culture dans l'assolement limite les hausses en rendement.

Dans les scénarios où les rendements restent stables, l'objectif de production de colza ne peut être atteint qu'à condition de perdre 9 % des surfaces de prairies. Sans mobilisation des prairies, on ne peut envisager qu'une production de colza à 92 % de l'objectif et encore, au prix d'une diminution considérable des terres agricoles non cultivées (les jachères PAC) par rapport à la situation 2006 (-80 %).

Au-delà des valeurs précises des scénarios, dont une des fonctions de ce travail est

précisément de montrer les nombreuses sources de variabilité, ce que l'on retiendra dans l'ensemble est la forte pression sur les terres agricoles qu'induit l'objectif d'incorporation d'agrocarburants à hauteur de 10 % des carburants consommés. Cet objectif n'est pas anodin et ce qui peut ne sembler que quelques points de surface agricole utile (SAU) à l'échelle nationale révèle en fait des changements significatifs dans les assolements régionaux. Rappelons, par exemple, que les hausses de 3 à 6 points de SAU pour le colza entre 2006 et 2015 sont à comparer à celles observées entre 1989 et 2006 (+ 3 points de SAU sur 17 ans). Le scénario 2, qui envisage une fraction de prairies converties vers le système de cultures colza/blé, induit une pression sur l'ensemble des prairies qui conduit à une baisse de 4 points de SAU en 9 ans, soit autant que sur les 17 dernières années. Enfin, l'hypothèse de 10 % de Surface en Couvert Environnemental (SCE) qui semble contraignante par rapport à l'objectif AC correspond en fait au *statu quo* par rapport à la situation de 2007, déjà peu ambitieuse en matière de biodiversité et de qualité des eaux.

Sur un autre registre, les évolutions sur le poste « export de blé » d'un scénario à l'autre sont également significatives. Là encore, une évolution de -2,7 Mt de tonnes de blé exporté sur le marché mondial peut paraître négligeable – ou acceptable – par rapport à ce que la France exporte aujourd'hui, et aux 111 Mt échangées annuellement sur les années 2005/2006 (source : Assemblée générale des producteurs de blé). Dans un contexte de pression accrue sur les ressources alimentaires, ce qui n'est qu'une ligne d'hypothèse dans un tableau sera en fait un enjeu alimentaire crucial pour le principal exportateur européen. Autrement dit, il est probable que la pression sur les prairies qui fonde le scénario 2 soit réelle, tout en restant dans les 10 % de retournement de prairies « autorisées » par les règles actuelles de la conditionnalité des aides.

Rappelons ici l'hypothèse de « bouclage » national évoquée plus haut : les importations sont envisageables – et envisagées – qui viennent atténuer la pression sur les terres agricoles nationales. Mais de telles importations passent par des transferts d'impacts ailleurs, impliquant d'autres surfaces dans un contexte où les terres deviennent rares.

Au final, les scénarios révèlent de nombreuses tensions :

- Sur les usages alimentaires : impact des scénarios sur les exportations de blé ;
- Sur les rotations, les rendements et les produits phytosanitaires : le choix des rotations « risquées » a par exemple des conséquences sur l'usage des produits phytosanitaires. Se pose ici la question de la gestion et de la conservation des sols à long terme ;
- Sur les usages des sols : concurrence possible entre agrocarburants et prairies, entre agrocarburants et surfaces environnementales (SCE) ;
- Sur des impacts indirects. La production supplémentaire d'huiles végétales pour satisfaire aux objectifs d'incorporation d'agrocarburants à l'horizon 2015, induit une production de co-produit, les tourteaux disponibles pour l'alimentation du bétail. Cette production de tourteaux s'élève, selon les scénarios, de 3,7 à 4,9 Mt (soit environ 3 à 4 fois la production actuelle), pour le colza et de 0,8 à 1,1 Mt, pour le tournesol, (soit 2 à 2,5 fois la production de tourteaux actuelle). Cet afflux important d'aliments pour le bétail risque d'avoir des conséquences sur certaines formes d'élevage amenées à valoriser cet aliment dans leur système d'exploitation au détriment d'autres ressources fourragères plus favorables à la biodiversité (prairies naturelles notamment).
- Sur la signification même des objectifs d'incorporation, compte tenu du fait que c'est l'ensemble de la sole nationale qui doit impérativement être mobilisée : on est ici confronté à un « effet seuil » important. L'efficacité énergétique des filières éthanol et diester dépend pour beaucoup de la géographie de la collecte et de l'usage des co-produits (tourteaux de colza). Dans la mesure où les résultats suggèrent que cette politique est susceptible d'influencer en profondeur la géographie de la production agricole nationale, il vaut sans doute mieux intégrer les conséquences qui découlent de la régionalisation des hypothèses, et notamment du coût énergétique de l'exportation des tourteaux bien au-delà des aires de production du colza.

In fine, ce travail soulève autant de questions qu'il apporte de réponses à l'évaluation de l'impact des agrocarburants. Les chantiers d'évaluation sont nombreux, qui découlent notamment de l'analyse plus fine des conséquences régionalisées des scénarios, dans la

perspective des points discutés ci-dessus. Ce commentaire nous permet de conclure sur ce qui fait, à nos yeux, l'intérêt et la force de ce travail sur un plan méthodologique : la régionalisation des hypothèses. Ceci permet de mieux approcher les impacts territorialisés d'une politique de lutte contre le changement climatique dont on oublie parfois, à ne considérer que des bilans globaux, que ses impacts sont et seront, eux aussi, territorialisés. Il faut éviter que la lutte contre le changement climatique conduise à ce que les territoires acceptent un sacrifice de leurs ressources à court terme (c'est à dire les paysages, les infrastructures écologiques et la qualité des eaux) au nom d'une priorité supérieure qu'est la lutte contre le changement global, précisément censée préserver ces mêmes ressources à long terme.

Références

ONIGC, 2007, Biocarburants 2010 : quelles utilisations des terres en France, octobre 2007.

SCEES, 2008, Développement des cultures énergétiques à l'horizon 2015 : quelles marges de manoeuvre pour les productions ? *Agreste Primeur*, **206**, janvier 2008.

Sourie J.-C., Treguer D. & Rozakis S., 2005, L'ambivalence des filières biocarburants. INRA Sciences sociales, Recherches en économie et en sociologie rurales, n°2.



Elevage et agrocarburants

Jena-Claude Guesdon, Institut de l'élevage
jean-claude.guesdon@inst-elevage.asso.fr

Qu'il s'agisse des agrocarburants de première génération aujourd'hui, ou de ceux de seconde génération demain, il est bien évident, à partir du moment où ils reposent les uns et les autres sur des surfaces dédiées, qu'ils sont en concurrence directe ou indirecte avec les autres occupations possibles des territoires et donc avec l'élevage ruminant et les surfaces en herbe qui sont la base de leur alimentation.

En quoi au final, d'un point de vue écologique, environnemental et sociétal, y aurait-il gain ou perte dans cette concurrence ?

Les surfaces en herbe valorisées par les ruminants sont un atout pour l'environnement

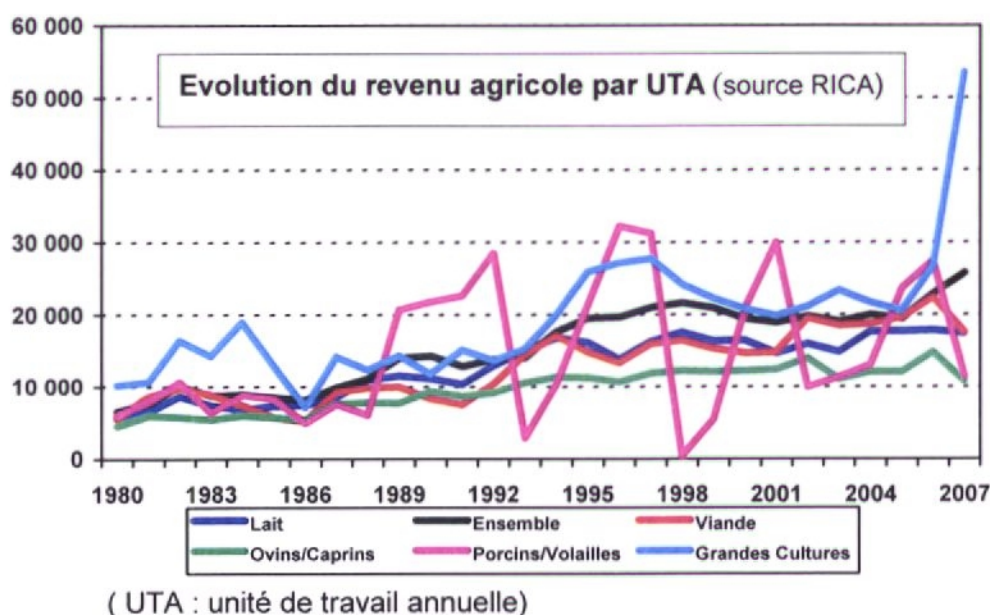
L'élevage de ruminants, au-delà de sa fonction économique fondamentale de production de denrées alimentaires, remplit des fonctions environnementales, sociales et participe à l'aménagement des territoires. De par son occupation de l'espace, il a un rôle essentiel dans l'entretien des paysages et le maintien de la biodiversité. Il assure également une présence humaine, des emplois et de l'activité dans des territoires variés et en particulier dans les régions difficiles dont il renforce l'identité et auxquelles il contribue à redonner de l'attractivité, participant ainsi à l'équilibre des territoires.

La qualité de l'eau est bonne, voire très bonne dans la plupart des régions d'élevage herbivore, notamment celles où la prairie et l'élevage herbivore sont dominants. Dans les régions de cultures fourragères, où l'élevage herbivore recourt plus à l'ensilage de maïs et est souvent associé à l'élevage de monogastriques, la situation est plus délicate. Néanmoins, les efforts entrepris dans le cadre de la directive nitrates et du Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole, autour de la gestion des engrais de ferme et de la fertilisation minérale, laissent entrevoir des progrès très encourageants pour la suite. Enfin, il faut souligner le rôle bénéfique des prairies dans la limitation du lessivage des particules par ruissellement ou érosion ainsi que dans la régulation des flux hydriques.

Si l'on considère le véritable bilan [émissions de GES - stockage de Carbone], l'impact de l'agriculture et de l'élevage sur le réchauffement climatique s'avère largement inférieur à celui des autres secteurs d'activité. Il est nécessaire de bien prendre en compte ce rôle essentiel de puits de carbone que jouent les prairies pour ne pas aller, au nom de la réduction des émissions brutes de GES liées aux ruminants, dans le sens d'une réduction de leur superficie avec des conséquences potentiellement plus graves sur l'environnement (l'élevage est la seule activité économique qui compense à 50 % les émissions de CO₂ qu'elle entraîne).

Le fossé se creuse entre la rentabilité des cultures et celle des herbages herbivores

Cet écart de revenu, à l'opposé des contraintes de travail, est de nature à renforcer les conversions des productions animales vers les cultures et le débouché nouveau lié aux agrocarburants a joué un rôle essentiel dans cette flambée des prix des matières premières végétales, céréales et soja. Les abandons de l'élevage que cet écart est susceptible d'entraîner ne peuvent que s'accompagner du retournement de prairies et d'une intensification des systèmes avec des recours renforcés aux engrais et aux phytosanitaires. Produire moins de protéines animales et de manière « moins propre » risque bien d'être l'effet des politiques de haut prix des productions végétales, alors que l'enjeu est de produire plus et mieux de manière durable, même s'il ne s'agit pas de prétendre maintenir et généraliser notre modèle occidental de consommation.



3 – Les agrocarburants utilisent des surfaces et tirent les prix du maïs, du colza et par ricochet des céréales et des tourteaux.

En 2005, en équivalent énergie, la part des agrocarburants (éthanol et biodiesel) dans l'énergie utilisée pour le transport dans le monde était inférieure à 1 %. C'est insignifiant. Pourtant, à l'échelle de l'occupation des surfaces cultivables de quelques pays et à celle du commerce mondial des céréales et des tourteaux, ceci pèse déjà d'un poids considérable et a contribué de manière décisive aux déséquilibres offre/demande et à la flambée des prix. Et ce n'est pas fini !

A l'échelle de l'Europe, pour respecter les 5,75 % d'incorporation prévus en Europe en 2010, il faudrait produire plus de 11 millions de tonnes de biodiesel alors que l'Union Européenne n'en a produit que 1,9 million de tonnes en 2004, qui ont mobilisé 20 % de la production de colza.

En France, d'après une étude de l'ONIGC, atteindre 7 % d'incorporation d'agrocarburants en 2010, si l'on part de l'hypothèse que l'agrocarburant incorporé est produit sur le sol français, correspond à la production de 2,6 millions de tonnes de biodiesel et de 740 000 tonnes de bioéthanol.

Cela nécessitera l'allocation de 1,713 million d'ha à la production d'agrocarburants (1,450 millions d'hectares de colza et tournesol et 263 000 ha de blé), soit 6 % de la SAU, 10 % des

terres labourables et 15 % des surfaces en céréales, oléoprotéagineux et betteraves sucrières.

Les Etats-Unis ont fait le choix de développer une production d'éthanol à partir de maïs. Ainsi, en 2006, l'éthanol de maïs qui représente 90 % des agrocarburants américains a mobilisé 6 millions d'ha de maïs, soit 16 % des surfaces en maïs et 3,5 % des terres labourables, pour une incorporation en agrocarburants de 3 %. De nombreux projets d'usine ont été déposés ; leur mise en fonctionnement devrait doubler la production d'éthanol : c'est alors le tiers des surfaces en maïs qui serait mobilisé, soit 7 % des terres labourables.

Le Brésil, alors qu'il était dépendant du pétrole importé tout autant que l'Europe lors du premier choc pétrolier, est devenu autosuffisant, l'éthanol représentant 40 % du carburant consommé en 2006. Et ce grâce à la culture de la canne à sucre qui présente un rendement en éthanol à l'hectare deux fois meilleur que le blé ou le maïs. En 2006, les surfaces en canne à sucre destinées à la production d'éthanol au Brésil étaient de 5,6 millions d'ha, soit presque 10 % des terres labourables.

Alors que les objectifs 2010 de ces différents Etats sont loin d'être atteints et que les investissements correspondant sont loin d'être opérationnels, cette demande supplémentaire de matière première agricole a déjà largement contribué à l'envolée des prix des aliments du bétail et à la dégradation du revenu des éleveurs producteurs de lait et de viande. Ces nouveaux rapports de prix, de marges et de revenus sont aussi par ricochet en train de porter un nouveau mauvais coup aux surfaces herbagères en zones labourables.

Derrière un objectif affiché de meilleure autonomie et de plus grande indépendance énergétique à l'égard du pétrole apparaît au contraire un risque de plus grande dépendance : dépendance économique des éleveurs avec de fait un prix des aliments du bétail de plus en plus intégré à un prix du pétrole à la hausse et un risque de recul des systèmes les plus herbagers et autonomes au profit de systèmes plus intensifs et hautement consommateurs d'énergies fossiles et de céréales /soja.

Structure du coût de production en productions animales. Impact direct ou indirect du prix du pétrole

En % du coût de production	Lait de vaches	Naisseurs broutards	Naisseurs- engraisseurs	Ovins	Caprins
Poste traditionnellement lié au coût de l'énergie					
Carburant/énergie	5	6	5	6	4
Engrais/amendement	5	6	6	4	3
Phytop sanitaire	2	2	2	1	1
Poste nouvellement lié au prix de l'énergie					
Aliments achetés	13	13	14	28	32
Impact "coût de l'énergie"	doublié	doublié	doublié	x2,5	x4

Source : Institut de l'Elevage

IV

LE CONTEXTE GLOBAL

LES AGROCARBURANTS ET LES INTERACTIONS GLOBALES ENTRE L'ENVIRONNEMENT, L'ALIMENTATION ET L'ENERGIE : UNE INTRODUCTION

Jean-Marc Salmon, ETOS/T & S SudParis
jmsalmon@gmail.com

La question des agrocarburants dépasse de loin le cadre de l'écologie. Elle est au carrefour de trois grands domaines : l'environnement, l'énergie, et l'alimentation.

Ces secteurs ont en commun une relation complexe à la rationalité économique, caractérisée par l'importance des « défaillances du marché ». L'environnement a du mal à intégrer les coûts des externalités²⁸, parfois plus importants que les coûts privés de production. Le marché du pétrole est structuré par un cartel de producteurs, l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP), et une organisation oligopolistique de la distribution, les *majors*. L'agriculture, où les syndicats sont puissants dans les pays du Nord, est, dans le champ couvert par l'Organisation mondiale du commerce (OMC), le secteur pour l'instant le moins affecté par la libéralisation du commerce mondial. Ce dernier est structuré par des oligopoles sur des marchés comme celui des céréales, par exemple.

À l'intersection de ces champs, comment ces divers biais affectant la rationalité économique des décisions affectent-ils l'économie des agrocarburants ?

Analyse comparative des politiques publiques

Jusqu'à aujourd'hui, des politiques publiques fortes ont permis aux Etats-Unis, au Brésil²⁹ et à l'Union européenne de produire plus des 4/5^e des AC essence et plus des 2/3 des AC diesel du monde.

Tableau : Les trois premiers producteurs mondiaux d'AC en 2008 (estimations)

(en millions de litres)	AC Essence (éthanol)	AC Diesel
Etats-unis	38 394	2 017
Brésil	22 110	760
UE 27	4 402	6 580
Total Monde	77 054	12 274

Source : secrétariats de l'OCDE et de la FAO

Ces incitations publiques aux agrocarburants fonctionneront-elles comme un contrepoids à une éventuelle libéralisation des échanges agricoles mondiaux ? Les négociations pour démanteler plus avant les barrières douanières, dans le cadre du cycle de Doha de l'OMC, depuis 2001, mettent au premier plan l'agriculture. Les politiques de protection des pays du Nord sont visées. Dans ce contexte polémique, les Etats-Unis et l'Union européenne ont mis en place des incitations pour substituer des agrocarburants aux carburants dérivés du pétrole. Elles sont telles aux Etats-Unis qu'en les additionnant aux autres subventions agricoles, leur total sera de plus en plus élevé dans les dix années à venir.

²⁸ « Les émissions de particules polluantes par une centrale ont des effets sur la santé des populations vivant à proximité, mais la prise de décision privées n'en tient pas souvent compte ou ne lui accorde que peu d'importance, et il n'y a pas de marché pour ces incidences. Ce phénomène est intitulé « externalité », et les coûts qu'il impose sont dits « coûts externes » (GIEC, 2003, Bilan 2001 des changements climatiques, rapport de synthèse, p. 177, OMM & PNUE, Genève).

²⁹ Voir Vianna, S. N., *et al.*, 2007, ainsi que Bertrand J.-P. *et al.*, 2007.

On peut se demander en effet si, dans le cas d'un accord au sein de l'OMC, le montant des subventions démantelées ne serait pas en partie effacé par celui des nouvelles subventions mises en place depuis la fin du XXème siècle pour les agrocarburants ?

L'étude des agrocarburants soulève une question paradoxale : assiste-t-on à un déplacement des distorsions ? Disposer de données comparatives dans l'Union Européenne qualifierait mieux cette question.

Les incitations publiques européennes favorisent largement la filière basée sur les céréales.

Aux Etats-unis, les différences de subvention entre les filières sont minimales. Mais, dans l'Union européenne, l'éthanol est l'objet d'incitations trois fois plus élevées que le biodiesel, alors que le niveau de subvention du biodiesel est analogue des deux côtés de l'Atlantique (Koplow, 2006 ; Steenblik & Simon, 2007 ; Kutas, Lindberg & Steenblik, 2007).

Où le ciblage des aides est-il optimal ? Là encore, une analyse, faisant la part des jeux d'acteurs, de la volatilité du prix des différents produits agricoles concernés et de l'instabilité des taux de change, aiderait à qualifier les rationalités à l'œuvre et les tendances qu'elles encouragent.

Des deux côtés en tous cas, les effets des politiques incitatives sont particulièrement complexes dans un secteur au carrefour de plusieurs politiques publiques.

Tableau : Subventions aux AC par litre net de carburant fossile substitué et par tonne d'équivalent CO2

Unités	Ethanol		Biodiesel	
	Estimation	Haute Basse	Haute Basse	
Soutien par équivalent de litre de carburant fossile substitué				
Etats-Unis	\$/litre equiv.	1,03 1,40	0,66 0,90	
Union Européenne	\$/litre equiv.	1,64 4,98	0,77 1,53	
Suisse	\$/litre equiv.	0,66 1,33	0,71 1,54	
Australie	\$/litre equiv.	0,69 1,77	0,38 0,76	
Soutien par tonne d'équivalent CO₂ évité				
Etats-Unis	\$/tonne de CO ₂ equiv.	ND .. 545	ND ND	
Union Européenne	\$/tonne de CO ₂ equiv..	590 4 520	340 1 300	
Suisse	\$/tonne de CO ₂ equiv..	340 394	253 768	
Australie	\$/tonne de CO ₂ equiv..	244 1 679	165 639	

Source : d'après Global Subsidies Initiative. Koplow (2006), Steenblik & Simon (2007), Kutas, Lindberg & Steenblik (2007), Centre for International Economics (2007), tel que cités par Doornbosch & Steenblik (2007).

En 2006, ces soutiens mobilisent 11 milliards USD. Extrapolant ce chiffre fourni par *Global Subsidies Initiative* à 2015, l'OCDE estime que le montant de ces dépenses publiques pourrait atteindre 25 Milliards USD/an, en prenant en compte les dernières décisions américaines et les projets européens d'incorporation au niveau de 10 % (OECD, 2008).

Économiquement, les politiques actuelles d'incitation sont-elles un choix approprié pour décarboniser l'économie ? La décarbonisation des activités humaines est présentée comme un critère majeur de leur évaluation : les politiques pour développer les agrocarburants affichent la baisse des émissions de gaz à effet de serre parmi leurs objectifs.

Depuis les années 90, les pays du Nord militent pour l'émergence d'un prix de la tonne carbone afin de pénaliser les émissions anthropiques de gaz à effet de serre. C'est ce que cherche à faire apparaître le protocole de Kyoto par le biais des objectifs de réduction d'émission et des « échanges de permis ».

Selon l'OCDE, la poursuite des politiques publiques de soutien aux agrocarburants ferait monter en 2015 le coût de la tonne de CO₂ évitée entre 960 USD et 1 700 USD (ces chiffres ont été calculés sans prendre en compte les effets indirects négatifs des changements

d'occupation des sols). Rappelons que sur le marché à terme européen (ETS), la tonne de CO₂ est valorisée pour 2012 entre 33 USD et 39 USD³⁰.

En contrepoint, l'analyse devrait faire la part des coûts initiaux de lancement d'une filière. À quel niveau pourrait se stabiliser le coût des agrocarburants ? Et, par conséquent, quel pourrait être le prix de la tonne carbone évitée par chaque filière d'agrocarburant ?

Ces recherches menées, on disposerait alors de suffisamment d'éléments pour répondre à une question déjà largement posée dans les débats publics : les différents objectifs poursuivis par l'Union européenne en matière d'agrocarburants sont-ils compatibles entre eux (ODI, 2008)? Ou, au contraire, les opportunités de consolidation des revenus agricoles et le souci de sécuriser des sources d'approvisionnement énergétiques conduisent-elles à une survalorisation par rapport aux strictes politiques de décarbonisation et de réduction des gaz à effet de serre ?

Les enjeux des importations pour les politiques publiques de l'Union européenne

L'Union européenne compense déjà par des importations les insuffisances de ses productions d'AC pour satisfaire ses objectifs. Sur la période 2005-2007, pour l'éthanol, les moyennes annuelles de ses échanges nets marquent un déficit de 1 783 millions de litres à comparer avec une production de 2 049 millions de litres (OCDE-FAO, 2008).

Les politiques publiques d'incitation à l'usage des agrocarburants par la fixation d'objectifs quantitatifs doivent faire face au risque de doper les importations. Les incitations à l'usage sont neutres vis-à-vis des importations, à la différence des subventions aux producteurs. Cependant, les importations sont justiciables de droits de douane. Quel rôle dissuasif jouent-ils ? D'un point de vue douanier, en l'état actuel des choses, l'Union Européenne définit trois grands groupes de pays. Pour les pays dits ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique), couverts par l'accord de Cotonou, les droits sont nuls pour l'éthanol et les constituants du biodiesel. Quel est le potentiel d'importation de ces pays ? Près du quart du potentiel d'expansion des cultures agroénergétiques mondiales se situe dans trois de ces pays : l'Angola, la République Démocratique du Congo et le Soudan (Doornbosch & Steenblik, 2007).

Pour les autres contrées, comme le Brésil, la Colombie et la Bolivie, qui à elles seules en représentent aussi plus du quart, leurs exportations vers l'Europe deviendraient importantes si était signé un accord pour un nouveau cycle de libéralisation du commerce, qui concernerait en priorité les produits agricoles. On sait que la productivité des plantes constituant la base agricole des agrocarburants est souvent bien plus élevée dans les pays tropicaux (deux fois plus élevée pour la canne à sucre que pour le blé ou le maïs). De plus, la canne à sucre nécessite fort peu d'apports azotés (Smil, 2003).

Tableau : Rendement comparatif des matières premières pour la production d'éthanol

Matière première	Rendement à l'ha (tonnes)	Quantité pour 1 tonne d'éthanol carburant (tonnes)	Surface / tonne d'éthanol carburant (ha)
Blé	8	3,3	0,40
Betterave	75	13,5	0,18
Maïs	8	3,3	0,40
Canne à sucre	75	14,3	0,20

Source : GEB d'après divers

Dans l'hypothèse d'une chute importante des droits de douane, les pays du Nord peuvent-ils espérer rester concurrentiels ? Des augmentations de productivité et économies d'échelle peuvent-elles y contribuer, dans le cas d'une progression continue de leur consommation ? Si les réponses à ces questions devaient être négatives, alors on devrait admettre qu'un accord dans le cycle de Doha entraînerait une forte montée des importations par l'Union européenne ? Au point de réduire les espoirs des agriculteurs européens ?

En résumé, dans les années à venir, l'Union européenne est confrontée :

- à une concurrence inévitable avec les pays justiciables de l'accord de Cotonou où les cultures montent déjà en puissance (Mozambique, Tanzanie, Ethiopie, etc.)
- à une concurrence possible si les négociations engagées dans l'OMC aboutissent avec des pays d'Amérique du sud (Brésil, etc.) et d'Asie (Malaisie, Indonésie, etc.)

Face à cette montée de la concurrence, l'Union européenne souhaite « verdir » les importations au nom des politiques de protection environnementale. Comment rendre compatibles avec les règles de l'OMC des garanties de respect de l'écologie par le biais de « certificats » ?

Les politiques de « certification » et les politiques de « traitement préférentiel » (qui englobent, dans la terminologie de l'OMC, les subventions) relèvent du droit international. Elles doivent être compatibles avec les dispositions régissant les adhérents à l'OMC. Or, cette organisation définit les produits selon leurs procédés de fabrication. Pour elle, on ne saurait distinguer un agrocarburant durable d'un qui ne le serait pas. On ne saurait donc, en général, certifier des « agrocarburants durables ». Cependant, une politique de certification environnementale peut être justifiée si l'on recourait aux dérogations prévues par l'article 20 du GATT, l'accord général sur les tarifs douaniers et le commerce, (protection de la vie humaine, animale, des plantes; préservation des ressources épuisables) (cf. Pons, infra).

Le recours à l'argument de « protection de la vie humaine » (santé, etc.) est peu vraisemblable. Pour ce faire, il faudrait se référer aux conventions de l'organisation internationale du travail (OIT), or nombre de celles-ci n'ayant pas été ratifiées par les Etats-Unis, la commission de l'Union européenne ne souhaite pas les invoquer.

L'autre possibilité de dérogation passe par la construction d'un argumentaire environnemental. La protection de la biodiversité couverte par la convention internationale, signée à Rio de Janeiro en 1992, est sollicitée. Cependant, des mesures de certification fiables et peu coûteuses restent à mettre au point. Il serait possible d'y parvenir par le biais d'un accord universel (Doornbosch & Steenblik, 2007). En son absence, les possibilités de fraude mineraient tout arrangement fondé sur le bilatéralisme.

En tout état de cause, les dérogations en référence à l'article 20 du GATT doivent pouvoir faire la preuve de leur efficacité selon la jurisprudence de l'OMC. C'est dire qu'on ne saurait invoquer, dans cette enceinte, le principe environnemental de précaution, lequel postule que la science ne peut déterminer quels niveaux de dommages peuvent être infligés à la nature (de Sadeleer, 2002). Dans le cadre de l'OMC, la justification écologique d'une dérogation à l'article 20 doit se limiter à l'invocation d'un modèle préventif, lequel suppose la possibilité d'une évaluation scientifique des risques.

Les politiques d'incitation à l'usage des agrocarburants de l'Union européenne sont-elles compatibles avec les règles de l'OMC sur le « traitement préférentiel » ? La jurisprudence de l'OMC exige que ces subventions et ces dégrèvements ne soient pas discriminatoires (cf. Pons, infra). En toute logique, les agrocarburants importés doivent être éligibles aux dispositifs d'incitation.

Quant aux subventions européennes à la production en Europe, elles doivent être conformes à ce qui est toléré par les accords OMC.

Quels scénarios d'importation par l'Union européenne ? Ce cadrage sur les règles et jurisprudences de l'OMC ouvre la possibilité de deux grands scénarios (certification sans

subventions discriminatoires ou ni certification-ni subventions discriminatoires) à croiser avec ceux de l'évolution des politiques douanières (maintien des dispositions actuelles ; succès du cycle de Doha)

La concurrence pour l'espace

Les besoins supplémentaires en surfaces cultivables des agrocarburants sont-ils en concurrence avec ceux requis pour la satisfaction des nouveaux besoins alimentaires ? Quel rôle peut jouer cette concurrence pour l'espace dans la hausse des prix agricoles ?

D'une façon générale, la montée des prix agricoles jusqu'en 2007 participe d'un mouvement de moyen terme, engagé avant la montée en puissance des agrocarburants dans les pays tempérés (cf. Gouel, infra). La croissance des consommations alimentaires s'explique par la montée de la population, la stabilisation quantitative de la grande pauvreté, et la montée de régimes alimentaires reposant de plus en plus sur la viande et les laitages dans les pays émergents, en conséquence de l'élargissement important des classes moyennes. Ces besoins alimentaires croissants ont provoqué une chute progressive des réserves alimentaires. Dans ces conditions, les marchés sont devenus sensibles à la moindre perturbation d'ordre climatique.

Cette volatilité des prix a-t-elle été encore accentuée par l'arrivée, sur les marchés à terme des produits de base agricoles, d'investisseurs financiers qui privilégient les positions unilatérales (à long terme ou à l'achat)³¹ ? L'hypothèse est « plausible » (OCDE-FAO, 2008).

Mais au-delà du mouvement de moyen-terme de hausse des prix agricoles, au-delà de l'arrivée récente de capitaux spéculatifs, la montée des agrocarburants est de plus en plus analysée comme un facteur supplémentaire de tension.

La polémique est âpre sur l'importance de ce rôle dans la hausse des prix agricoles de 2005 à 2007. Et les enjeux sont d'importance. La vulnérabilité des pays est des plus variables. Elle dépend du poids des dépenses alimentaires dans le budget familial moyen. Pour la plupart des pays de l'OCDE, elles ont un poids de 10 à 20 % dans l'indice des prix à la consommation. Mais ce poids monte à 28 % en Chine, 33 % en Inde et au-delà de 50 % dans d'autres pays. Face à des enjeux aussi importants, le débat statistique est âpre. Pour certains, le rôle des agrocarburants est marginal- il pèserait au plus 15 % dans l'augmentation des prix agricoles, selon des études dont disposerait le gouvernement américain³². Pour d'autres, il est majeur- des chiffres approchant 75 % sont avancés³³.

Les sceptiques soulignent d'un côté, l'envolée des prix du riz, lequel ne peut être relié aux besoins de fabrication des AC, et de l'autre, la relative modération des marchés du sucre³⁴, bien que la canne à sucre soit une matière première pour fabriquer de l'éthanol.

Cependant, de nombreux experts s'accordent pour attribuer aux agrocarburants un rôle important dans la hausse des prix des oléagineux et du maïs (cf. Gouel, infra). La montée en puissance de la culture du maïs pour l'éthanol aux Etats-unis a des effets d'éviction sur les surfaces plantées en céréales³⁵. Si ces effets indirects restent difficiles à quantifier, en revanche la FAO attribue plus de la moitié de la hausse de la consommation mondiale de blé et de céréales secondaires, entre 2005 et 2007, aux effets directs de la montée en puissance des agrocarburants (OCDE-FAO, 2008).

³¹ A la bourse des céréales de Minneapolis (Mi.), le volume des échanges a été multiplié par 6 en 20 ans, cf. J. Freed et A. M. Heher, 3 juin 2008, p.12.

³² . Pour une revue de simulations américaines et européennes des impacts sur les prix agricoles par les politiques publiques d'AC, voir Tréguer D., 2007.

³³ Cf. A. Chakraborty, *The Guardian*, 7 juillet 2008: un rapport d'un économiste de la Banque mondiale, resté confidentiel, attribuerait les trois quarts des hausses des produits agricoles aux AC.

³⁴ Entre 2001 et 2006, le prix de la tonne de sucre a été en moyenne de 217,6 USD, il est estimé pour la campagne 2006/07 à 253,5 USD/t. et pour celle de 2007/08 à 242,5 USD/t. (OECD-FAO, 2008).

³⁵ En 2002, 11% du maïs cultivé aux Etats-Unis était destiné à la production d'éthanol ; en 2007, on approchait le tiers. Sur les effets d'éviction, voir Searchinger *et al.*, 2008.

La concurrence pour l'espace imposée par les agrocarburants est de fait aiguïlée par des événements météorologiques extrêmes (sécheresse persistante en Australie en 2006 et 2007), probablement liés au changement climatique, ainsi que par la hausse du pétrole jusqu'à la mi-2008, avec ses effets sur le prix des engrais.

Cette concurrence pour les espaces agricoles participe d'une montée des prix de la terre dans de nombreux pays. Les besoins croissants de surface pour les agrocarburants amènent des firmes de courtage en produits alimentaires et des fonds d'investissements à acheter des dizaines de milliers d'hectares dans les pays tropicaux³⁶.

Un marché mondial de l'éthanol se constitue

Tableau : **Les principaux pays exportateurs d'éthanol en 2007**

Pays	En millions de litres
Brésil	3 533,15
Etats-Unis	582,6
France	468,7
Pays-Bas	453,9
Afrique du Sud	367
Grande Bretagne	204,9
Espagne	168,2
Allemagne	156,8
Belgique	146,1
Chine	129,9
Ukraine	91,8

Source : Ethano-world-trade

Entre 6 % et 9 % de la production mondiale sont déjà échangés internationalement, certains pays importateurs réexportant une partie de leurs achats. Les échanges étaient évalués à 1,5 milliards de USD en 2004 et auraient triplé pour atteindre 4 milliards en 2006³⁷. Au Brésil, premier exportateur mondial, la création d'un marché à terme³⁸ est à l'étude.

Quelles voies de développement rural sont ouvertes dans les pays tropicaux par le développement des agrocarburants? Celle de la concentration des terres ou celle, plus durable, de la rénovation des exploitations familiales ou communautaires (Sachs, infra) ? Dans un cas comme dans l'autre, elle suppose l'établissement de relations étroites entre pays producteurs, pays importateurs et détenteurs du savoir-faire technologique. Parmi ces derniers, les firmes brésiliennes sont particulièrement actives pour ouvrir de nouveaux marchés de production en Afrique (Ghana, Angola...), alors même que le ministère brésilien de l'agriculture table sur une augmentation de moitié de la surface cultivée en canne à sucre entre 2006 et 2010 (Bertrand *et al.*, 2007).

Les interconnexions entre les domaines agricole et énergétique prennent donc de nouvelles formes. Il y a quelques années, le prix des carburants était un des facteurs de la détermination des prix agricoles ; aujourd'hui, une relation symétrique semble apparaître : la hausse des prix des denrées alimentaires entraîne celle des agrocarburants. Jusqu'où cette mécanique peut-elle s'auto-entretenir ? La demande de matières premières pour la fabrication

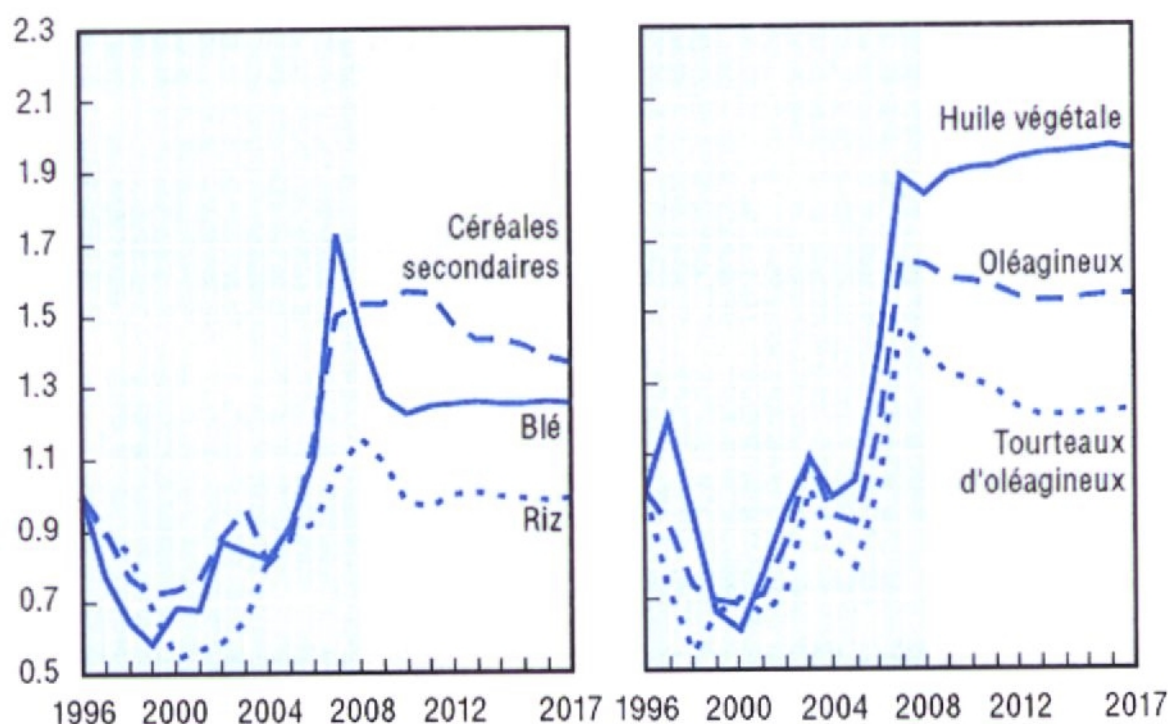
³⁶ Calyx Agro, une filiale de Louis Dreyfus Commodities, achète des dizaines de milliers d'hectares au Brésil. Emergent Asset Management, basé à Londres, est en train de lever entre 450 et 750 millions de USD pour acheter des terres dans l'Afrique subsaharienne. Cf. Diana B. Enriques, *International Herald Tribune*, 6 juin 2008.

³⁷ Cf. www.ethanol-world-trade.com

³⁸ Cf. www.ietha.org/ethanol/subcanais/futures-options.php

d'agrocarburants va-t-elle pousser à la hausse, à nouveau, le niveau moyen des prix des oléagineux et des céréales (OCDE-FAO, 2008) ? Selon les institutions internationales, « la production de biocarburants semble représenter un facteur permanent » de l'augmentation de la demande de céréales et d'huiles végétales. Par rapport à la moyenne observée entre 1998 et 2007, leurs projections de prix pour la période 2008-2017 indiquent une augmentation de 40 à 60 % pour le blé et le maïs, de 60 % pour les graines oléagineuses et de 80 % pour les huiles végétales.

Graphique Évolution des prix mondiaux des céréales et des oléagineux jusqu'en 2017
Indice des prix nominaux, 1996 = 1



Source : Secrétariats de l'OCDE et de la FAO.

D'une façon générale, les décisions prises il y a près de dix ans pour lancer les agrocarburants reposaient sur l'hypothèse, d'un côté, d'une stabilité des prix agricoles du fait de marchés plutôt excédentaires et, de l'autre, sur la hausse inévitable, tôt ou tard, du prix du pétrole à cause de sa raréfaction. Cette prospective annonçait la rentabilisation des ACG1, elle semble prise en défaut.

Lorsque en 1998 le baril de pétrole brut se situait autour de 15 USD, on considérait que les agrocarburants de première génération produits en France ou aux Etats-Unis seraient rentables lorsque le prix du baril dépasserait 40 à 60 USD le baril³⁹ et que les autres renouvelables tel l'éolien ne franchiraient le seuil de rentabilité bien plus tard.

Dix ans après, la perspective se renverse. Alors que le baril de pétrole a oscillé ces derniers mois entre 140 et 40 USD/bl, l'éolien est devenu rentable dans des pays comme l'Espagne ou les Etats-Unis, son prix de revient étant peu réactif aux mouvements des marchés pétroliers.

³⁹ Une étude de la Direction de la Prévision, par exemple, indique un seuil de 60 USD le baril (Juillet 2000- rapport Lévy-Couveinhes, citée par Sourie *et al.* 2005). Des études américaines situent alors le seuil de rentabilité des agrocarburants, produits dans des installations de grande taille, autour de 40 USD à 50 USD (cf. Smil V., 2003)

En revanche, les ACG1 ne sont pas rentables. L'avantage prêté aux ACG1 des pays tempérés a fondu car leur prix de revient dépend à la fois des prix du pétrole (via les inputs de la production) et de l'évolution globale des marchés agricoles, et que ces derniers, de surcroît, sont réactifs à ceux du pétrole.

Selon le cours du baril de brut, la compétition entre les énergies renouvelables se modifie profondément. En 2007-2008, l'utilisation des ACG1 pour la (co)production d'électricité, dans des pays comme l'Allemagne⁴⁰, pose question : les nouveaux projets sont arrêtés outre-Rhin. Au sein des renouvelables, l'avantage compétitif de l'éolien sur les ACG1 est-il appelé à durer ? Le cours du pétrole et des matières premières agricoles vont-ils rester à des niveaux élevés ? Pour les dix prochaines années, nombre d'experts tablent sur des oscillations du prix du pétrole autour d'un niveau de prix un peu plus élevé qu'à l'automne 2007, soit dans une fourchette de prix située entre 70 USD et 130 USD (OECD, 2008).

Dans le contexte d'un prix du pétrole oscillant autour de 100 USD le baril, une baisse des prix alimentaires pourrait rétablir une perspective de rentabilisation des ACG1. Les acteurs des agrocarburants peuvent-ils espérer un découplage des prix agricoles et énergétiques ?

Les marchés agricoles traversent-ils une simple inadaptation conjoncturelle ? Assiste-t-on plutôt à une plus grande volatilité des prix agricoles (des experts soulignent qu'en dollar constant, le prix du blé retrouve son niveau des années 1972-1976) ? Ou le déséquilibre devient-il structurel ? Entre-t-on dans une spirale inflationniste où les hausses des prix alimentaires et agroénergétiques se nourrissent l'une, l'autre ? Questions majeures qui commandent le développement de la production ou non des agrocarburants de première génération dans les pays tempérés.

À mi-chemin entre ces scénarios contrastés, pourrait-on voir durant les dix prochaines années, les prix de l'énergie et de l'alimentation osciller autour des cours de l'automne 2007 (OCDE-FAO, 2008) ? Ce couplage de l'évolution des prix de l'énergie et de l'alimentaire maintiendrait en l'état le besoin de subventions de l'usage des ACG1 produits en Europe, et la vulnérabilité des marchés européens aux importations des pays tropicaux.

Y-A-T-IL UNE SORTIE DURABLE DES CRISES ?

Les risques énergétiques, climatiques et alimentaires interagissent entre eux. Faut-il aller plus loin et envisager qu'ils puissent entrer en interaction avec la crise financière ? Le rôle des spéculations sur les marchés à terme (pétrole, céréales) est de plus en plus mis en cause dans les débats publics. Cependant, dans le cas de la crise alimentaire, il n'y a pas aujourd'hui d'éléments liant hausse des prix et spéculation (cf. Gouel, infra). Tout au plus s'interroge-t-on sur le rôle des agents spéculatifs sur la volatilité des prix.

La pensée du développement durable est-elle capable de produire un diagnostic multi-crisis ? Entre le climat, l'alimentaire et l'énergie, peut-on substituer aux synergies négatives, où chaque risque renforce les autres, des synergies positives ? Et, sinon, la problématique du développement durable et sa mise en œuvre sont-elles susceptibles d'être remises en question par les crises globales ?

Inversement, être capable de penser les interactions de chaque risque avec les autres, de choisir dans chaque domaine les mesures qui concourraient à diminuer l'ensemble des pressions de crises permettrait-il de réamorcer une spirale positive ?

Que peut la recherche afin d'éclairer politiques et stratégies afin qu'émergent des réponses coordonnées aux quatre grandes crises qui affectent le globe ? Et, dans ce cadre, quel futur penser pour les agrocarburants en prenant en compte l'entrecroisement des logiques climatiques, énergétiques et agricoles ?

⁴⁰ En Allemagne, en 2007, 3 000 unités, fonctionnant au méthane d'origine agricole, produisent 7,5 M2 kWh (source : Fachverband Biogaz e. v.)

Références

- Bertrand J.-P., De Mello N. A., Riedacker A. & Thery H., 2007. Brésil : La politique en matière de biocarburants : le pari sur l'éthanol, Demeter 2008- Économie et stratégies agricoles, Club Demeter, Paris, 163- 186.
- De Sadeleer N., 2002. Environmental Principles- from political slogans to legal rules, Oxford University Press.
- Koplow, D., 2006. Biofuels - At What Cost ? Gouvernement Support for Ethanol and Biodiesel in the United States, Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Genève et Winnipeg.
- Kutas, G., Lindberg, C. & Steenblik, R., 2007. Biofuels - At What Cost ? Gouvernement Support for Ethanol and Biodiesel in the EU, Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Genève et Winnipeg.
- Doornbosch R., & Steenblik R., 2007. Biofuels : Is the cure worse than the Disease ?, OCDE, Paris.
- IEA, 2008, World Energy Outlook 2008, IEA/OCDE Publications, Paris.
- OCDE-FAO, 2008. Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2008-2017, OCDE Publications, Paris.
- OECD, 2008. Report on Economic Assessment of Biofuel Support Policies, Paris.
- ODU, 2008. Biofuels and development : Will the EU help or hinder ?, www.odi.org.uk
- Sachs I., 2007. The Biofuels Controversy, UNCTAD, New York
- Smil V., 2003. Energy at the Crossroads, MIT Press, Cambridge, Ma.
- Steenblik R. & Simon J., 2007. Biofuels - At What Cost ? Gouvernement Support for Ethanol and Biodiesel in Switzerland, Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Genève.
- Tréguer D., 2007. Les biocarburants dans l'Union européenne et aux Etats-Unis: soutien public et liens avec les politiques agricoles et environnementales, Demeter 2008- Économie et stratégies agricoles, Club Demeter, Paris, 121-162.
- Vianna J.N., Wehrmann M.E.S. & Duarte L.M.G., 2007, in Nascimento E.P. & Vianna J.N. (sous la direction de) Dilemas e desafios do desenvolvimento sustentavel no Brasil, Garamond Universitaria, 2007, Rio de Janeiro.

LA CERTIFICATION DURABLE DES AGROCARBURANTS : COMPATIBILITE DE LA PROPOSITION EUROPEENNE AVEC LES REGLES DE L'OMC

Emilie Pons, GEM-IEP Paris
Emilie.Pons@sciences-po.org

Introduction

Le contenu de cet article est fondé sur un travail de recherche effectué entre février et mai 2008 pour le compte du Comité Catholique contre la Faim et pour le Développement (CCFD) dans lequel l'auteur a analysé le contenu de la proposition de Directive Européenne sur les agrocarburants, mis en avant ses limites et proposé des pistes de plaidoyer⁴¹. Seule la partie juridique de l'étude sera reprise ici, détaillant la mesure proposée et concluant à sa compatibilité avec les règles de l'OMC. La Commission a proposé cette mesure dans un contexte de remise en cause de sa politique de développement des agrocarburants, initialement mise en place dans le but de diminuer les émissions croissantes de GES dans le secteur des transports et d'accroître la sécurité énergétique de l'Union Européenne⁴² (UE). Aujourd'hui critiqués vis-à-vis de leur capacité à répondre à ces objectifs, les agrocarburants sont par ailleurs accusés de porter atteinte à l'environnement (pollution des sols, de l'eau et de l'air), de contribuer à la hausse des prix alimentaires et d'être produits, dans certains pays, au détriment des conditions sociales des populations concernées (conditions de travail, non respect du droit de propriété etc.). Afin d'apporter une réponse à ces nombreuses critiques la Commission a proposé, dans sa Directive sur les énergies renouvelables⁴³, de conditionner le soutien financier actuellement accordé à l'ensemble des agrocarburants au respect de critères de durabilité. A cet effet, seuls les agrocarburants qui contribueront à une réduction des GES d'au moins 35 %, ne seront pas produits sur des zones protégées (forêts, écosystèmes fragiles et prairies) ou des puits de carbones (zones continues de forêts et tourbières), et dont les pays respecteront les bonnes pratiques environnementales⁴⁴ ou auront ratifié un certain nombre de conventions internationales dans le domaine de l'environnement⁴⁵, pourront bénéficier du dispositif fiscal incitatif et être comptabilisés dans l'objectif obligatoire de 10 %. En souhaitant réglementer au niveau multilatéral la « durabilité » d'un produit, la proposition de la Commission pose un certain nombre de questions parmi lesquelles la qualification d'une telle mesure (I) et sa compatibilité avec les règles de l'OMC (II).

1. Contenu de la proposition

Degré de coercition des critères proposés

Si la mesure proposée n'obligera pas *de jure* les industriels à offrir des agrocarburants « durables » puisque la Commission n'interdira pas la vente d'agrocarburants « non durables » sur le marché, elle les y obligera *de facto* en vertu de l'obligation d'atteindre un objectif d'incorporation obligatoire de 10 % et du mécanisme incitatif⁴⁶ dont seuls les agrocarburants « durables » pourront bénéficier. Suite à la proposition de la Commission, le

⁴¹ Document de travail du CCFD destiné à usage interne, non consultable.

⁴² La diversification de ses sources d'approvisionnement devant permettre une réduction de sa dépendance envers les énergies fossiles.

⁴³ *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources*, COM(2008) yyy final, 23.01.2008

⁴⁴ Seulement pour les agrocarburants produits sur le sol européen.

⁴⁵ Proposition du Conseil de l'UE pour les pays extérieurs à l'UE, non encore validée.

⁴⁶ Sous la forme d'une exemption fiscale.

Conseil de l'UE a formulé plusieurs révisions du texte initial⁴⁷. Dans sa dernière version en date du 28 avril, il a confirmé les quatre critères de la Commission et proposé un cinquième, dont le contenu n'a pas encore été fixé. Trois options sont envisagées dont le contenu porterait sur des critères sociaux et environnementaux. Dans la dernière version soumise le 7 mai au Comité des Représentants Permanents (Coreper), une solution mixte aurait été proposée, à savoir un simple rapport à la Commission relatif à la ratification des conventions de l'Organisation Internationale du Travail (la non-ratification de ces conventions n'induirait donc pas une exclusion du mécanisme préférentiel) mais l'obligation d'avoir ratifié quatre conventions internationales relatives à l'environnement⁴⁸. Certains Etats membres auraient en effet souhaité que les pays tiers soient contraints, tout comme les agriculteurs européens, au respect de normes environnementales⁴⁹.

Qualification de la mesure

Au regard de la définition de la « norme » fournie par l'Accord sur les obstacles techniques au commerce (OTC)⁵⁰, un référentiel qui serait élaboré par un organisme reconnu mais dont le contenu porterait sur des PMP, des procédés et méthodes de production, *non rattachés au produit* (tels que les conditions de production ou de travail) ou un référentiel qui porterait sur des PMP *rattachés au produit* mais qui ne serait pas élaboré par un organisme reconnu ne pourrait être considéré comme une « norme ». Il ne pourrait alors être couvert par les règles de l'Accord OTC et tomberait sous le coup des règles du GATT. La qualification préalable de la mesure est donc fondamentale afin de déterminer les règles auxquelles celle-ci doit se soumettre. Il est important de noter que les critères proposés par la Commission et le Conseil de l'UE en vue de définir les agrocarburants « durables » ne concernent que des PMP *non rattachés au produit* (émissions de GES, non production sur des forêts, des puits de carbone et des prairies, ratification des conventions fondamentales de l'OIT, etc.) qui ne sont pas compatibles avec la définition d'une « norme ». La Commission et le Conseil de l'UE souhaitant en outre raccrocher leurs critères à des programmes volontaires d'élaboration des critères de durabilité (tels que la *Round Table on Sustainable Biofuels*) et non à une norme élaborée par un organisme reconnu, il ne semble donc pas possible de qualifier la proposition de la Commission de « norme » et de la soumettre aux règles de l'Accord OTC. Automatiquement redirigée vers les règles du GATT, cette mesure pourrait s'apparenter à un règlement interne volontaire défini dans l'Article III.1 et III.4 du GATT. En ce qui concerne la procédure de certification qui devra être mise en place, les règles à appliquer seront celles de l'Accord OTC. En effet, que les éléments sur lesquels porte la certification soient rattachés au produit ou non, les procédures d'évaluation de la conformité sont toujours soumises aux règles de l'Accord OTC.

Légitimité du soutien financier

En vertu de la clause du traitement national énoncée à l'Article III.4 du GATT, à un produit importé ne peut être accordé un traitement moins favorable que celui accordé aux produits « similaires » domestiques. Au regard de ce principe, à des produits ne peuvent donc être accordé un traitement plus (ou moins) favorable que s'il est prouvé qu'ils sont « différents ». Alors que la Commission envisage de n'accorder un traitement préférentiel⁵¹ qu'aux seuls

⁴⁷ Revised note 7734/1/08 du 28.03.2008, 7734/2/08 du 10.04.2008, 7734/3/08 du 21.04.2008 et 7734/4/08 du 28.04.2008.

⁴⁸ Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, Convention sur la diversité biologique, Protocole de Carthagène et Protocole de Kyoto.

⁴⁹ Conversation téléphonique du 23 mai 2008 avec un membre du Conseil de l'Union Européenne.

⁵⁰ L'Annexe 1 de l'Accord OTC stipule que les normes sont « un document approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques pour des produits ou des procédés et des méthodes de production connexes, dont le respect n'est pas obligatoire ».

⁵¹ Sous forme d'exemption fiscale

agrocarburants « durables », il est donc fondamental de déterminer si les agrocarburants « durables » et les agrocarburants « non durables » doivent être considérés comme des produits « similaires » ou « différents ». A cet effet, il importe que les éléments caractérisant les agrocarburants « durables » (i.e. les critères de durabilité) puissent être considérés comme des éléments tangibles de différenciation. En ce qui concerne l'appréciation de la similarité des produits, les règles de l'OMC ne permettent pas de se baser sur des PMP *non rattachés au produit*⁵² et obligent à prendre en compte des éléments visibles (i.e., les caractéristiques du produit) ou constitutifs (i.e., les PMP *rattachés au produit*). Le jugement de l'Organe d'Appel dans le Panel Crevettes Tortues (1998) a toutefois marqué un revirement de jurisprudence en concluant que les PMP *non rattachés au produit* peuvent être pris en compte afin d'apprécier la similarité de deux produits dès lors que ces derniers visent à atteindre un des objectifs légitimes prévus à l'Article XX du GATT⁵³.

Alors que nous montrerons dans la partie suivante en quoi les objectifs de la Commission devraient être couverts par les exceptions de l'Article XX du GATT, les critères proposés, pourtant non rattachés au produit, devraient donc pouvoir être retenus comme source de différenciation. Il en est de même des critères additionnels proposés par le Conseil de l'UE, à savoir la ratification de quatre conventions internationales dans le domaine de l'environnement (conforme à l'objectif de protection de la santé humaine et des végétaux) et le rapport non contraignant sur la ratification des conventions fondamentales de l'OIT. Les critères proposés devraient donc permettre de distinguer les agrocarburants « durables » des agrocarburants « non durables », justifiant ainsi le traitement préférentiel envisagé pour les seuls agrocarburants « durables ». Afin d'être pleinement compatibles avec les règles de l'OMC, les critères proposés par la Commission et le Conseil de l'UE devront toutefois respecter un certain nombre de règles, énumérées dans la partie suivante.

2. Compatibilité de la proposition avec les règles de l'OMC

Un risque de discrimination

La clause de la nation la plus favorisée définie à l'Article I du GATT stipule que tout avantage accordé par un Etat membre à un produit doit immédiatement et sans conditions être accordé à l'ensemble des Etats Membres. Alors que cette clause vise à garantir pour chaque Etat Membre une égale opportunité d'accès aux marchés des autres Etats Membres⁵⁴, des critères rigides (dont la formulation ne permettrait pas de prendre en compte les spécificités de chaque pays) et appliqués de manière stricte (pour tous les pays, au même moment et sans aucune dérogation) pourraient constituer une entrave à l'accès au marché européen pour certains pays. Ainsi, l'interdiction de produire des agrocarburants sur des zones de forêts pourrait être discriminatoire pour certains pays dont les ressources en forêts sont importantes (la Suède par exemple) par rapport à des pays où les forêts sont quasi absentes (certains pays d'Afrique). Cet élément explique certainement pourquoi la Commission et le Conseil de l'UE ont envisagé que les agrocarburants puissent être produits sur des zones de forêts « à condition qu'il soit prouvé que l'intervention humaine a été et continue à être d'une intensité et d'une périodicité telle qu'elle permette aux espèces naturelles de se renouveler ». La formulation de ce critère permet ainsi de prendre en compte le fait que certains pays ont déjà une gestion « durable » de leurs forêts et qu'il serait discriminatoire de ne pas en tenir compte. Si cette flexibilité a aussi été introduite pour le critère relatif aux zones protégées, cela n'a pas été le cas pour les prairies, les tourbières et les zones continues de forêts dont la formulation stricte induit un risque de discrimination. Ce risque est également possible en ce qui concerne l'obligation d'avoir ratifié un certain nombre de conventions internationales dans le domaine de

⁵² Marceau et Trachtman, *The Technical Barriers to Trade Agreement, the Sanitary and Phytosanitary Measures Agreement, and the General Agreement on Tariffs and Trade*, 2002, p. 856.

⁵³ Etats Unis – Crevettes, Rapport de l'Organe d'Appel para. 121.

⁵⁴ Van den Boshe, Schrijver & Faber, *Unilateral measures addressing non-trade concerns*, 2007, p. 20.

l'environnement, qui exclurait *de facto* les pays non signataires. En ce qui concerne le respect de la clause du traitement national, les critères de durabilité ne devraient pas être discriminatoires dans la mesure où la Commission a prévu que l'ensemble des agrocarburants (domestiques et importés) pourront bénéficier de l'exemption fiscale. Une fois sur le marché européen, les agrocarburants durables importés seront donc soumis au même traitement que les agrocarburants durables domestiques, ce qui respecte la clause du traitement national.

Le principe de non discrimination s'applique également à la procédure d'évaluation de la conformité qui, en vertu de l'Article 2.1 de l'Accord OTC, ne devra pas soumettre les pays exportateurs à un accès « moins favorable » au marché européen que les producteurs nationaux ou les autres pays exportateurs se trouvant dans une situation comparable⁵⁵. Les propositions de la Commission et du Conseil de l'UE ne prévoyant pas de conditions dérogatoires pour les pays qui seraient dans des situations différentes (par exemple en accordant une aide à la certification pour les pays les plus vulnérables), il existe un risque de discrimination. La procédure d'évaluation de la conformité ne devant pas en outre créer des « obstacles non nécessaires au commerce », une certification organisée au niveau international et/ou la reconnaissance de guides de certification existants (tels que le label FSC qui certifie la gestion « durable » des forêts) devrait être privilégiée.

Des objectifs légitimes

Bien que discriminatoire, une mesure peut être – sous certaines conditions – compatible avec les règles du GATT. C'est le cas si l'objectif poursuivi par cette mesure est « légitime » c'est à dire prévu par une des exceptions de l'Article XX du GATT. Alors que nous avons montré précédemment en quoi la mesure proposée induit un risque de discrimination, il importe de regarder si les objectifs poursuivis peuvent être considérés comme légitimes. A cet effet, il faut rappeler que les critères proposés par la Commission ont pour objectif de répondre aux critiques faites à l'encontre des agrocarburants à savoir (1) un bilan mitigé en terme de réduction des émissions de GES⁵⁶ (2) un impact négatif sur l'environnement⁵⁷ (3) un effet sur la biodiversité et (4) un impact social dans les pays du sud⁵⁸. Les critères relatifs à la réduction des GES, à la protection des forêts et des puits de carbone et à l'obligation d'avoir ratifié le Protocole de Kyoto ayant pour objectif de réduire les émissions de GES, ils devraient être conformes à l'objectif de protection de la santé et de la vie humaine défini à l'alinéa (b) de l'Article XX. De même, les critères relatifs à la protection des écosystèmes sensibles et des prairies et au respect des bonnes pratiques environnementales ayant pour objectif de protéger la biodiversité et l'environnement, ils devraient être conformes à l'objectif de protection de la santé et de la vie des végétaux défini à l'alinéa (b). L'objectif social poursuivi à travers le critère relatif à la ratification des conventions fondamentales de l'OIT n'est en revanche prévu par aucune des exceptions de l'Article XX. Cette limitation ne devrait toutefois pas poser de problème puisque le critère restera facultatif. Puisque l'ensemble des critères obligatoires devrait être couvert par une des exceptions de l'Article XX, les objectifs poursuivis apparaissent donc légitimes.

Un risque d'extraterritorialité

En dépit de sa légitimité accordée par une des exceptions de l'Article XX, une mesure peut être remise en cause si l'objectif qu'elle poursuit n'a pas un « lien » avec la juridiction d'où elle émane. A cet effet les critères relatifs à la réduction des émissions de GES, à la protection des puits de carbone, à la ratification du protocole de Kyoto et dans une certaine mesure à la

⁵⁵ Accord OTC, Article 5.1.1

⁵⁶ En raison d'un processus industriel consommateur d'énergie fossile et du risque de déforestation et de production sur des zones de puits de carbone.

⁵⁷ Via un effet sur l'érosion des sols et la pollution des sols et des nappes phréatiques (utilisation des pesticides).

⁵⁸ À travers les conditions de travail dans les palmeraies et les champs de canne à sucre, la dépossession des terres et l'insécurité alimentaire.

déforestation (s'il est prouvé que ce critère a pour objectif de diminuer les émissions de GES) pourraient avoir un impact transnational et donc un « lien » avec la juridiction de l'UE⁵⁹. Un tel « lien » apparaît en revanche plus discutable en ce qui concerne la protection de la biodiversité (protection des zones naturelles et des écosystèmes fragiles, ratification des traités internationaux relatifs à la sauvegarde de la biodiversité) dont les effets ne devraient pas faire sentir que dans les pays concernés⁶⁰. Au regard de ces éléments et du risque d'absence de « lien » entre les objectifs poursuivis par l'UE et leurs effets favorables dans la juridiction, la mesure proposée pourrait donc ne pas être compatible avec les règles de l'OMC.

Une mesure effectivement « nécessaire »

Alors que nous avons vu que les critères proposés par la Commission étaient légitimes, il convient toutefois de revenir sur la « nécessité » de la mesure proposée. A cet effet, il importe de mesurer si les critères proposés constituent la mesure « la moins restrictive possible » en vue d'atteindre l'objectif visé⁶¹. Sur le « fond », il apparaît que les critères proposés sont relativement adéquats, voir même en deçà de ce qui aurait pu être fixé. Un seuil plus élevé de réduction des GES aurait par exemple pu être choisi, ce que n'a pas manqué de proposer le Conseil de l'UE dans sa révision du texte initial. En outre, alors que le déplacement des terres constitue un élément fondamental à prendre en compte pour maîtriser les émissions de GES⁶², la Commission n'a pas proposé un tel critère ce qui permet de penser que la mesure proposée n'est pas aussi restrictive qu'elle aurait pu (i.e., dû) l'être. En ce qui concerne la « forme » de la mesure et le fait que la Commission ait choisi de détaxer les agrocarburants « durables » plutôt que de taxer les agrocarburants « non durables », il n'apparaît pas de différence en terme d'effet sur le commerce, l'un n'étant pas plus restrictif que l'autre. Ce choix a toutefois un impact sur l'origine des ressources qui devront être allouées pour financer cette incitation. Si dans le cas d'une taxe, les consommateurs devront payer le surcoût de la « non durabilité », les contribuables devront payer le surcoût de la « durabilité » dans l'hypothèse d'une détaxation fiscale. Le choix entre les deux alternatives est donc une question politique, étant entendu qu'il peut être acceptable de faire payer par la collectivité les externalités positives dont cette dernière dans son ensemble bénéficie (baisse des GES par exemple).

Une discrimination arbitraire et injustifiable

Alors que la mise en place d'une mesure de manière rigide sans prendre en compte les caractéristiques spécifiques de chaque pays constitue une discrimination « arbitraire »⁶³, Van den Bossche *et al.* ont mentionné qu'une mesure qui aurait pour effet de conditionner l'accès au marché européen de la biomasse au respect de critères « *essentiellement les mêmes* » constituerait une discrimination arbitraire. A l'inverse, une mesure qui conditionnerait l'accès au respect de critères « *comparables en efficacité* » ne serait pas discriminatoire⁶⁴. Au regard de ce principe, le critère de réduction de 35 % des GES ne devrait pas être discriminatoire puisqu'il contraint les Etats Membres à une obligation de résultat et non de moyen (en vue d'atteindre cet objectif, les Etats Membres pourront en effet choisir d'agir sur les terres mobilisées, les engrais utilisés ou l'efficacité du processus de production). De même, le critère relatif à l'interdiction de produire sur des forêts ou des écosystèmes protégés ne devrait pas être discriminatoire dans la mesure où la Commission tolérera que les agrocarburants puissent être produits sur ces terres si les Etats Membres apportent la preuve de la

⁵⁹ C'est également la conclusion à laquelle arrive le Rapport du BTG, Sustainability Criteria and Certification Systems for Biomass Production, 2008, page 64

⁶⁰ Ibid, page 66

⁶¹ CE- Amiante, Rapport de l'Organe d'Appel, para. 172

⁶² Comment considérer qu'un agrocarburant est « durable » si c'est au prix d'une déforestation pour des usages alimentaires ? Comment, concrètement, mesurer les mouvements de déplacement des terres ? Du point de vue de l'auteur, il est quasiment impossible de contrôler – concrètement – cet effet domino.

⁶³ Etats Unis- Crevettes, Rapport de l'Organe d'Appel, para. 164 - 165

⁶⁴ Van den Bossche *et al.*, p. 125

« durabilité » de leur exploitation (le critère tient donc compte de l'efficacité des Etats Membres). Les critères relatifs aux prairies, aux tourbières et aux zones continues de forêts pourraient en revanche être discriminatoires puisque « essentiellement les mêmes » et sans aucune dérogation possible.

En ce qui concerne le caractère « injustifiable » de la discrimination et le fait qu'une mesure unilatérale n'ayant pas fait l'objet de négociations multilatérales puisse constituer une mesure discriminatoire, Van den Bossche *et al.* mentionnent que si l'UE mettait en place des critères de durabilité sans avoir au préalable témoigné d'un réel effort pour négocier de manière internationale ces critères, alors les critères de durabilité constitueraient vraisemblablement une discrimination injustifiable⁶⁵. Des Etats Membres tels que la France⁶⁶ ou l'Italie⁶⁷ ont bien entamé des négociations avec certains pays exportateurs (le Brésil essentiellement), mais ces initiatives demeurent isolées, et davantage tournées vers une coopération technique et/ou commerciale qu'en vue d'aborder la question des critères de durabilité. Ainsi, en raison de l'absence de négociations multilatérales menées au niveau européen, un risque de discrimination « injustifiable » est à envisager.

La possibilité de faire référence aux Conventions fondamentales de l'OIT

Au niveau multilatéral, des mesures restrictives ne peuvent être prises à l'encontre de partenaires qui ne respecteraient pas des normes minimales de travail que dans le cadre d'un système de préférences généralisées tel le SPG+ et uniquement dans un but incitatif visant à accorder des préférences tarifaires additionnelles. Au niveau régional en revanche, les règles de l'OMC autorisent les Etats à faire référence à des normes sociales dans des accords spécifiques tels que le *North American Agreement on Labor Cooperation*⁶⁸ ou dans des accords commerciaux via l'introduction d'une « clause sociale »⁶⁹. La proposition du Conseil de l'UE ayant vocation à s'appliquer au niveau multilatéral et en dehors de tout système de préférences généralisées, elle pourrait être contraire aux règles de l'OMC si la Commission souhaitait la rendre obligatoire. Le Conseil de l'UE ayant toutefois proposé un simple « rapport » sur la ratification des conventions fondamentales de l'OIT, ce critère devrait donc être compatible avec les règles de l'OMC.

Conclusion

Cette étude s'est attachée à montrer en quoi les critères de durabilité, et la procédure d'évaluation de la conformité, proposés par la Commission et le Conseil de l'UE revêtent un caractère discriminatoire, faisant ainsi courir à l'UE un risque de Panel à l'OMC. Les limites de fond de la proposition⁷⁰ révèlent par ailleurs que la volonté de la Commission de réglementer au niveau multilatéral la durabilité des agrocarburants se heurte aux restrictions de l'OMC en

⁶⁵ Van den Bossche *et al.*, p. 127.

⁶⁶ http://www.ambafrance-pt.org/article.php3?id_article=951

⁶⁷ www.pleinchamps.com, « L'Italie veut en favoriser la production au Brésil et en Afrique », 27 mars 2007

⁶⁸ L'Accord nord-américain de coopération dans le domaine du travail (ANACT) signé le 13 Septembre 1993 entre les Etats-Unis, le Mexique et le Canada a pour but d'améliorer les conditions de travail et le niveau de vie sur le territoire de chacune des Parties et de faire prévaloir les principes suivants : liberté d'association et protection du droit d'organisation, droit de négociation collective et de grève, interdiction du travail forcé, protections accordées aux enfants et aux jeunes gens en matière de travail, normes minimales d'emploi, élimination de la discrimination en matière d'emploi, égalité de rémunération entre les hommes et les femmes, prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, indemnisation en cas d'accidents du travail et de maladies professionnelles et protection des travailleurs migrants.

⁶⁹ Par exemple, l'Accord sur le Commerce, le Développement et la Coopération signé par l'UE et l'Afrique du Sud à Pretoria le 11 octobre 1999 stipule à l'Article 86 « *The Parties consider that economic development must be accompanied by social progress. They recognize the responsibility to guarantee basic social rights, which specifically aim at the freedom of association of workers, the right to collective bargaining, the abolition of forced labour, the elimination of discrimination in respect of employment and occupation and the effective abolition of child labour. The pertinent standards of the ILO shall be the point of reference for the development of these rights* »

⁷⁰ Analysées dans le rapport pour le CCFD

matière sociale et environnementale.

Références

Marceau G. & Trachtman J.P., 2002. The technical barriers to trade agreement, the sanitary and phytosanitary measures agreement, and the general agreement on tariffs and trade. *Journal of World Trade*, **36**, 811-881.

Van den Bossche P., Schrijver N. & Faber G., 2007. Unilateral measures addressing non-trade concerns: a study on WTO consistency, relevance of other international agreements, economic effectiveness and impact on developing countries of measures concerning non-product-related processes and production methods - The Hague : Ministry of Foreign Affairs.

LES CAUSES DE LA CRISE ALIMENTAIRE MONDIALE : UNE ANALYSE

Christophe Gouel, INRA-CEPII
christophe.gouel@grignon.inra.fr

Depuis 2006, les principaux marchés agricoles, et en particulier les produits laitiers, les céréales et les oléagineux, se sont emballés. Cette augmentation soudaine a surpris même les personnes les mieux informées sur les marchés agricoles. Ces marchés ont toujours été très volatils, mais l'augmentation de prix et la crise alimentaire qui en résulte sont d'une ampleur rare et que nous n'avions pas vu depuis les années 70.

Plusieurs effets se sont mutuellement renforcés pour contribuer à la situation actuelle. Les plus cités ont été les agrocarburants et la croissance mondiale, surtout asiatique. Nous allons dans cette note hiérarchiser ces causes et mettre en évidence les difficultés d'évaluation existantes.

L'augmentation des prix des matières premières agricoles n'a pas commencé ces deux dernières années. Elle était déjà à l'œuvre depuis le début de la décennie, mais d'une manière plus mesurée. Il est donc nécessaire de distinguer les effets de moyen terme qui ont préparé la situation actuelle depuis un peu moins d'une dizaine d'années et les changements intervenus ces deux dernières années, qui ont précipité dans la crise des marchés déjà fragilisés.

Les causes de moyen terme :

1) Des déséquilibres croissants sur l'ensemble des marchés agricoles

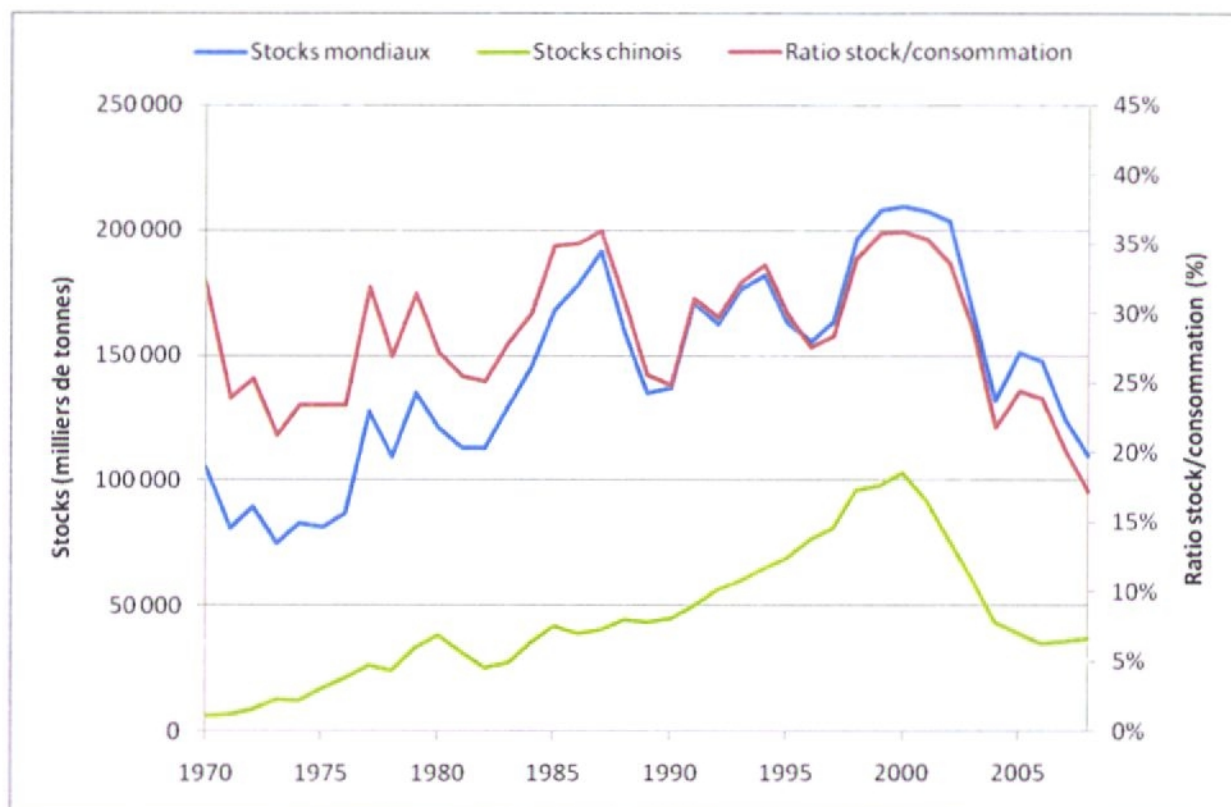
Les épisodes de prix élevés faisant suite à une période de prix faibles et stables sont monnaie courante sur les marchés agricoles. La régulation des prix par les stocks entraîne naturellement ce comportement. Lorsque les stocks sont élevés, les prix sont peu volatils et tendent à rester faibles. Au contraire, si après quelques saisons de déstockage, les stocks sont à un niveau faible, les prix deviennent élevés et très volatils, car le stockage n'assure plus son rôle de stabilisation.

Les années 2007 et 2008 sont au cœur d'un tel épisode de volatilité, mais celui-ci a été préparé par une baisse importante des stocks depuis 2000. Les stocks de blé sont passés d'un ratio stocks sur consommation de 35 % à moins de 20 %, niveau plus bas que lors de la crise de 1973-74 (Graphique 1). La situation est la même pour la plupart des céréales.

Cette dynamique traduit en fait le déséquilibre important existant sur la plupart des marchés. La demande a augmenté plus vite que la production, entre autre à cause de la croissance de l'alimentation animale due aux changements d'habitudes alimentaires dans les pays en développement. Le déséquilibre qui apparaît clairement aujourd'hui ne présentait pas forcément pour les observateurs le même caractère structurel il y a quelques années. La connaissance des stocks est en effet imprécise⁷¹ et il n'est pas aisé de distinguer à court terme un évènement climatique défavorable d'une baisse structurelle des rendements. Ainsi, c'est la crise qui sert de révélateur des déséquilibres pourtant en préparation depuis plusieurs années.

⁷¹ L'évaluation des stocks chinois est par exemple très difficile. Ces stocks sont évalués, par les services agricoles américains, par la différence entre la production observée et la consommation estimée, les autorités chinoises refusant de communiquer sur leurs stocks. Les évolutions présentées ici sont corroborées par d'autres estimations (Aubert, 2004).

Graphique 1 : Evolution des stocks mondiaux de blé entre 1970 et 2007



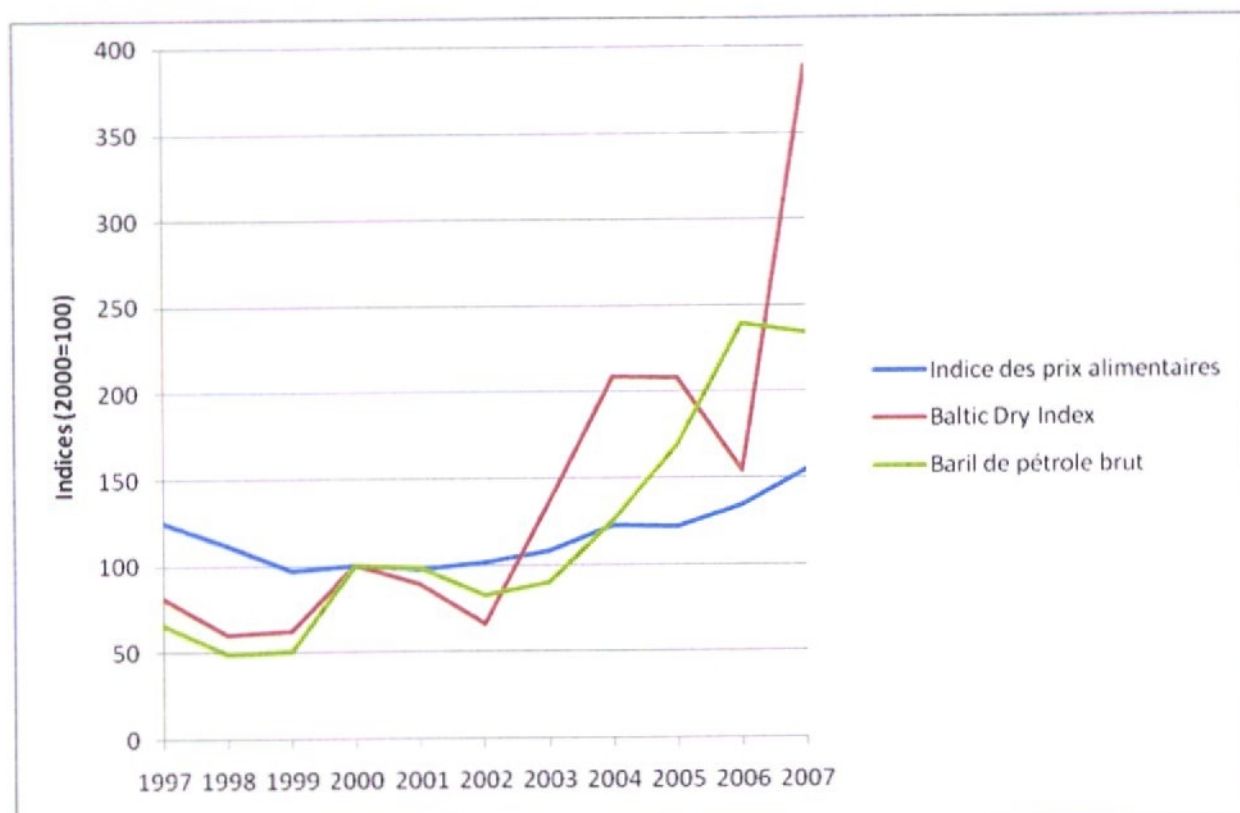
Source : Estimations officielles de l'USDA (US Department of Agriculture)

Si la croissance économique mondiale a très certainement été essentielle dans la genèse de ce déséquilibre, c'est bien moins vrai de la croissance des deux grands émergents : la Chine et l'Inde. Ces pays ont développé d'importantes politiques d'autosuffisance alimentaire, qui les ont longtemps isolés du marché mondial. Face à la croissance importante de leur consommation intérieure, ces politiques commencent à toucher leurs limites ; toutefois leurs interventions sur les marchés mondiaux sont restées limitées. L'Inde est toujours exportatrice nette de produits agricoles, alors que la Chine est passée importatrice nette en 2003 (Commission Européenne, 2008). Les importations chinoises se sont surtout concentrées sur le soja, dont elle est devenue le premier importateur de graine alors qu'elle en était encore exportatrice dans les années 90. A l'exception du soja, elle n'a pas contribué à l'augmentation mondiale de la demande de produits agricoles (la consommation de blé et de riz diminue en Chine avec l'enrichissement de la population).

2) L'augmentation des autres matières premières

La production agricole dépend fortement d'autres matières premières. Le prix du pétrole a commencé à augmenter à partir de 2002 (Graphique 2) ; pour l'urée et la potasse, deux engrais, l'augmentation a commencé en 2003. Cela s'est donc traduit par une augmentation des coûts de production qui a limité la croissance de l'offre et conduit à une hausse des prix. Tiré par le prix du pétrole, mais aussi par la demande chinoise et la congestion des capacités de transport, le prix du fret atteint lui aussi des sommets. Le transport d'une tonne de grain du Golfe du Mexique vers le Japon coûtait le 25 avril 2008 119 USD, contre 59 quatre ans auparavant. Aux mêmes dates, le prix du blé était de 292 et 160 USD la tonne. Les pays éloignés des grands centres de production doivent donc payer aujourd'hui presque autant en transport que ce qu'ils payaient il y a quelques années pour la matière première elle-même.

Graphique 2 : Indices des prix alimentaires, du fret et du pétrole, 1997 - 2007



Sources : Fond monétaire international (Statistiques financières internationales) pour les prix alimentaires, Thomson financial pour le Baltic Dry Index et le pétrole.

Note : le Baltic Dry Index est un indice représentant le fret maritime de matières premières sèches sur 26 routes maritimes.

Un ensemble de chocs sur des marchés fragiles :

1) Le rôle des agrocarburants, majeur sur le maïs et les oléagineux

Les agrocarburants sont les grands accusés de la crise alimentaire. On reproche aux pays producteurs d'utiliser d'importantes ressources agricoles pour produire des cultures énergétiques, limitant ainsi l'approvisionnement alimentaire et alimentant la hausse des cours. Les effets sont en fait très différents selon les produits.

La consommation de céréales pour produire des agrocarburants représentait 3 % de la production mondiale de céréales en 2007. Elle ne concerne toutefois qu'une partie des céréales, le maïs aux Etats-Unis et en Chine et le blé en Europe (les usages restent encore faibles en Europe où 1,2 % de la production céréalière est utilisé pour l'éthanol). Pour les Etats-Unis, 21 % de la production de maïs partait en 2007 en production d'éthanol et cette part devrait atteindre 30 % en 2008. Une telle augmentation de la demande doit se traduire à production inchangée par une très forte augmentation des prix. Anticipant cela, les producteurs américains ont réagi en accroissant les surfaces en maïs, permettant une récolte record en hausse de 60 millions de tonnes en 2007. Ils ont ainsi pu faire face à leur demande domestique d'agrocarburants et à leurs exportations, limitant la hausse du prix du maïs par rapport aux autres commodités (il a augmenté de 12 % en 2007, contre 27 % pour l'ensemble des produits alimentaires, 80 % pour le blé et 74 % pour le soja).

Cette forte réaction de la production s'est faite au détriment des autres cultures, principalement du soja et du blé. Aux Etats-Unis, les surfaces plantées en soja ont diminué d'un sixième de 2006 à 2007. Les stocks de soja étant en 2007 (début de campagne) à un niveau élevé, cette chute de production a entraîné avec elle les stocks, en particulier

américains qui sont tombés en fin de campagne à 7 % de la consommation, propulsant rapidement le prix du soja vers des sommets.

Du côté du biodiesel, les impacts sur les huiles végétales sont plus importants qu'avec les céréales. L'Europe convertit 40 % de ses huiles (principalement colza) en biodiesel et a dû compenser en important massivement, alors même que la demande alimentaire mondiale augmente fortement. Dans le monde, en 2007, c'était 6 % de la production d'huiles végétales qui étaient transformés en biodiesel. L'augmentation de l'utilisation des huiles végétales pour la fabrication de agrocarburants représente plus de la moitié de celle de la demande totale sur 2005/2007 (OCDE/FAO, 2008), qui a crû plus vite que la production (pourtant déjà soutenue) ces dernières années.

Pour résumer, depuis 2 ans, les agrocarburants ont fortement affecté plusieurs secteurs, dont le maïs, le soja et les autres huiles végétales. Rosegrant (2008) estime ainsi qu'ils ont contribué à hauteur de 39 % à l'augmentation du prix du maïs. Les effets indirects, via les changements de production et les changements de demande, ont eu un effet sur les autres marchés céréaliers, qui ne peuvent rester complètement déconnectés de ce qui se passe sur le marché du maïs. Il estime les effets indirects sur le marché du blé et du riz à 21 et 22 % de l'augmentation du prix. Ces résultats dépendent, cependant, étroitement des hypothèses faites sur les possibilités de substitution à la production et à la consommation. De ce point de vue, l'effet sur le riz paraît élevé par rapport aux substitutions que l'on peut attendre.

Les deux principales céréales pour l'alimentation humaine sont le blé et le riz. Un effet indirect des agrocarburants est très probable pour le blé⁷², bien que difficile à chiffrer. En effet, la production de blé et de maïs peut se faire sur des terres semblables, et leurs utilisations pour l'alimentation animale sont concurrentes. C'est beaucoup moins vrai du riz qui n'est pas produit dans les mêmes conditions et dont l'augmentation de prix ne peut pas être imputée aux agrocarburants.

2) Climat et politiques : au cœur des problèmes du blé et du riz

Le blé a été moins affecté par les agrocarburants que par une série de mauvaises récoltes, dans un contexte déjà difficile où la production avait du mal à suivre la demande. En 2006, l'Australie a perdu 3/5 de sa production du fait d'une sécheresse exceptionnelle. L'Australie est certes loin derrière l'Europe, l'Inde, la Chine ou les Etats-Unis en termes de production de blé, mais comme elle exporte la moitié de sa production, elle assure habituellement 10 % des exportations mondiales. L'année 2006 a aussi été une assez mauvaise année pour la production européenne, de sorte que la production mondiale de blé a chuté de 5 %. Les mauvaises récoltes se sont répétées en 2007. L'augmentation des prix a alors été exacerbée par les réactions politiques : l'Ukraine et le Pakistan ont imposé des quotas d'exportation, l'Argentine et la Chine des taxes à l'exportation.

La situation du riz se résume à ce type d'interventions politiques. Il n'y a pas eu de chocs importants sur le marché du riz. Mais, comme pour d'autres céréales, la production de ces dernières années peinait à satisfaire la demande et les stocks ont beaucoup diminué (-40 % entre 2000 et 2007). Depuis le point bas du début 2000, le prix du riz a régulièrement augmenté jusqu'à atteindre 350 USD la tonne fin 2007, le double de son prix 7 ans auparavant. Face à cette augmentation, de nombreux pays exportateurs ont commencé à imposer des restrictions à leurs exportations. Le Vietnam et l'Egypte ont donné le signal en novembre 2007, suivis par la plupart des pays exportateurs, à l'exception de la Thaïlande. Or le marché international du riz est très étroit. La Chine et l'Inde poursuivent des politiques d'autosuffisance. Ils n'interviennent sur les marchés mondiaux que pour y déverser leurs excédents. La Corée et le Japon protègent leurs marchés par des droits de douanes supérieurs à 500 %. Les échanges internationaux de riz ne représentent que 7 % de la production mondiale (contre 12 % pour le maïs et 18 % pour le blé). C'est en fait moins un

⁷²

Le blé est transformé en Ethanol sur le marché européen, mais, pour l'instant, les soutiens publics sont allés avant tout au biodiesel, limitant ainsi l'impact direct sur le blé. Les effets directs des agrocarburants sur le blé pourraient être très importants si une politique d'envergure était mise en place au niveau européen.

marché qu'un ensemble d'accords bilatéraux entre pays, la liquidité y est très faible. Les mesures de restrictions des exportations ont donc renforcé l'étroitesse de ce marché à un moment où les stocks étaient justement très faibles, poussant les prix vers des sommets. La spéculation a pu aussi jouer un rôle sur ce marché, mais mesurer sa réalité est extrêmement complexe.

3) La spéculation : un coupable idéal ?

Une des grandes incertitudes de cette crise est le rôle joué par la spéculation. L'augmentation des prix des matières premières agricoles a suivi de peu la crise des *subprimes*. Cela a donc naturellement incité à soupçonner les fonds spéculatifs de reporter leurs liquidités sur les marchés de matières premières alors que les rendements sur actions étaient fort incertains. Les doutes sont aussi exacerbés par la volatilité accrue et par les anomalies perturbantes⁷³ qui se répètent sur ces marchés.

Etant donné les doutes existants, l'instance américaine de surveillance des marchés à termes (la *Commodity Futures Trade Commission* - CFTC) a suivi avec une attention particulière l'activité spéculative sur les marchés à termes. Leurs premières conclusions dédouanent la spéculation des grands mouvements observés sur ces marchés, qui seraient plus dus aux fondamentaux économiques (Harris et Fenton, 2008). L'exemple le plus édifiant étant que les marchés ayant présenté les plus fortes augmentations sont justement ceux pour lesquels la spéculation financière a été la plus faible : blé dur ou riz. Ces conclusions provisoires négligent un aspect important de ces marchés : il n'est pas nécessaire d'intervenir sur les marchés financiers pour spéculer. Le cas du riz est exemplaire. Il n'existe pas vraiment de marché financier de référence pour le riz. Il y a bien une cotation à Chicago, mais les Etats-Unis ne sont qu'un petit producteur (1,5 % de la production mondiale), la cotation n'y fait pas référence et, d'après la CFTC, elle n'est pas sujette à l'activité des spéculateurs.

La faible importance des marchés financiers pour le riz n'empêche aucunement la spéculation, entendue au sens large. Fin avril 2008, le Vietnam a interdit toute spéculation sur le riz en interdisant le commerce de riz par des non professionnels. En effet, face à l'envolée des cours du riz, toutes les personnes capables de stocker pariaient sur une envolée future des cours en achetant du riz qu'ils espéraient revendre plus tard. C'est ainsi que les producteurs de café ou de poivre se sont lancés dans le négoce du riz. Les ménages craignant de nouvelles augmentations préfèrent acheter tout de suite, quand ils en ont les moyens, leur consommation des mois à venir. De manière assez analogue aux paniques bancaires, ces anticipations de rareté sont auto-réalisatrices, les achats de précaution massifs entraînent mécaniquement la hausse des prix et le rationnement redouté. Les stocks réellement possédés par tous les acteurs du marché – producteurs, transformateurs, stockeurs, ménages – étant très difficile à mesurer, l'importance de ce type de spéculation ne peut être évaluée à l'échelle mondiale.

Références

Aubert C., 2004. Consommation alimentaire : l'inconnue chinoise, in Demeter 2005, Economie et stratégies agricoles, Club Demeter, septembre.

Commission Européenne, 2008. China: Out of the Dragon's Den ?, Monitoring Agri-trade

⁷³ Depuis 2004, il est arrivé à plusieurs reprises que le prix du marché à terme ne converge pas vers le prix du marché au comptant. Ce qui revient à dire qu'il existait 2 prix différents pour un même bien. C'est bien une anomalie perturbante, par contre, on ignore l'origine de cette anomalie, si celle-ci est causée par une augmentation de la spéculation ou non.

Policy n°01-08, mai.

Harris J. & Fenton J., 2008. 'Written Testimony of Jeffrey Harris, Chief Economist and John Fenton, Director of Market Surveillance Before the Subcommittee on General Farm Commodities and Risk Management, Committee on Agriculture. United States House of Representatives'.

OCDE/FAO, 2008. Perspectives Agricoles 2008-2017.

Rosegrant M.W., 2008. Biofuels and Grain Price: Impacts and Policy Responses, IFPRI, may.

AGROFUELS: A LEVER FOR INCLUSIVE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Ignacy Sachs, EHES
isachs@msh-paris.fr

Environmental considerations cannot be separated from social concerns that go beyond the question of food security. According to UN statistics, the world's population is at present equally divided between urban and rural areas. The majority of poor people still live in the countryside and 2.5 billion people, or more, survive by practicing primitive farming. Only 28 million own a tractor and 600 million use animal energy. Over 1 billion depend solely on human effort.⁷⁴

The labor productivity gap between advanced and highly mechanized agriculture and the most primitive farming methods still in use is 1 to 1000 or more. In other words, a few million modern farms could easily wipe off 2 billion small farmers, condemning them to migrate to shantytowns. Already almost 3 out of 4 urban dwellers in the Sub-Saharan Africa live in terrible slums⁷⁵.

Contrary to a strongly entrenched prejudice, conditions do not exist anymore to reproduce, on a worldwide scale, the transition from rural agricultural to urban industrial society along the path followed in the 19th and 20th centuries by industrialized countries⁷⁶. At least, three conditions have changed. Europe could send to Americas tens of millions of peasants; today China and India would need to find a destination for a few hundred million of them. Tens of millions of Europeans were killed in the two world wars and in concentration camps and gulags; hopefully this will never happen again. Lastly, the rural migrants would in the past find jobs in labor-intensive, rapidly expanding industries; this is no longer the case. Demographically speaking, we have entered into a deindustrialization age, most industries grow today through labor productivity increases. Thus, we cannot afford not to discuss a new cycle of rural development if we really want to find a solution to the acute deficit of opportunities of "decent work" as defined by the ILO⁷⁷.

The challenge is daunting, given the disparities in labor productivity mentioned above. Conditions must be set to accommodate a new cycle of rural development for a fair proportion of small-scale farmers, allowing them to improve their productivity of labor, their incomes and standards of living and, at the same time, freeing them from the most painful forms of manual labor. This is certainly the case in Africa, as strongly emphasized by the former UN Secretary General, Kofi Annan, who now presides over the Alliance for a Green Revolution in Africa⁷⁸.

The emerging boom of biofuels may act as a lever for rural development, insofar as it may create many opportunities for work in the production and processing of biomass for biofuels, as well as in accompanying technical and transport services. As already mentioned, special attention should be given to integrated food and bioenergy production systems. Furthermore, modern rural development does not limit itself to purely agricultural activities. It also includes the production of environmental services. According to FAO, a growing proportion of rural family income is coming from non-farm activities of the different members of farmers'

⁷⁴ ATTAC, Les OGM en guerre contre la société, Mille et une nuits, p.39, Paris, 2005

⁷⁵ See Davis, M., The Planet of Slums, Verso, London, 2006. Traduction française: Le pire des mondes possibles- de l'explosion urbaine au bidonville global, La Découvertes, Paris, 2006.

⁷⁶ The UNFPA report State of the World Population 2007- Unleashing the Potential of Urban Growth , New York, 2007, offers a good example of the illusory faith in the virtues of urbanization as a powerful tool to overcome poverty.

⁷⁷ The concept of decent work implies not only a fair remuneration, but also reasonable work conditions and relations.

⁷⁸ See Annan K., Pour une revolution verte en Afrique, Le Monde, July 11, 2007.

families.⁷⁹

But progressing along these lines will depend on the capacity of governments to channel biofuels production into appropriate social models, involving small-scale farmers. This result is by no means automatic. One can imagine the expansion of biofuels production in a completely different social context. For instance, producing sugarcane on large estates dependent on casual rural labor⁸⁰ or else, the processing of biodiesel from soybeans grown in highly mechanized and very large estates requiring very little labor – according to some estimates no more than one job per 200 hectares.

The experience of Brazilian Pro-Alcool program, launched in the 1970's proved extremely successful in technical and economic terms, yet resulted in socially disruptive concentration of land and income, not to mention the casual rural labor proliferation – the *boias frias*.

The Brazilian biodiesel program addresses this issue through the use of a social label for biodiesel producers who buy the raw material from small farmers. Such producers are entitled to fiscal incentives, which are regionally differentiated. However, thus far, the social label has not been extended to sugarcane for ethanol production.

Accordingly, there is an urgent need to identify and evaluate alternative social models for the production of biofuels, so as to integrate them into socially inclusive and environmentally sustainable development strategies.

The creation of small farmer cooperatives for the production and processing of biomass into biofuels offers an interesting option, especially because circuits of fair trade might be established between producer and user cooperatives.

Quite often, small-scale biomass producers supply large biofuels producing enterprises on the basis of individual contracts. These linkages should be screened with a view to ensure fair conditions to the farmers. Establishing of long-term, transparent contracts, submitted to accountability rules is called for and may involve a negotiation among all the stakeholders of the rural development processes.

The most difficult challenge is posed by large-scale agricultural estates integrated with biofuels producing industries. Working conditions in these estates often do not meet the ILO standards. Other environmental risks (loss of biodiversity) are associated with large-scale monocultural plantations. Policies ought to be designed to enforce the ILO labor standards, and to encourage association (and/or rotation) of energy and food crops. Workers employed by the estates should be provided with plots of land for housing and small-scale agro-ecological food producing schemes for self-consumption and sale. The opening of ecological corridors, the restoration of native riparian vegetation and the respect for natural reserves are also indispensable. Social and environmental certification may become an important policy instrument in this respect.

References

ATTAC, 2005. *Les OGM en guerre contre la société*, Mille et une nuits, Paris.

Davis M., 2006. *The Planet of Slums*, Verso, London. Traduction française: *Le pire des mondes possibles- de l'explosion urbaine au bidonville global*, La Découverte, Paris.

FAO, 2007. *Rural Income Generating Activities : A Cross Country Comparison*, Roma.

UNFPA, 2007. *The UNFPA report State of the World Population 2007- Unleashing the Potential of Urban Growth*, New York.

⁷⁹ See FAO, *Rural Income Generating Activities : A Cross Country Comparison*, Roma, 2007.

⁸⁰ Many sugar-cane cutters in Brazil, the so-called *boias frias*, are recruited among dwellers of urban favelas, having been expelled from the houses they once were allowed to occupy in the fazendas. As cutting of sugar-cane is being more and more mechanized, *boias frias* are in danger of losing even this temporary job.

V

**LES AGROCARBURANTS
DE DEUXIÈME GÉNÉRATION**

LES AGROCARBURANTS DE DEUXIEME GENERATION : UNE INTRODUCTION

Jean-Marc Salmon, ETOS/T & M SudParis
jmsalmon@gmail.com

Les agrocarburants de deuxième génération (ACG2) seront issus de la biomasse cellulosique, c'est-à-dire du principal constituant des parois des cellules végétales (Corneau & Gosse, 2007). Les tiges, les branches ou le tronc seront utilisés, alors que pour les agrocarburants actuels, dits de première génération (ACG1), on se sert seulement des organes de réserve de quelques plantes cultivées (graines du blé, tubercules du colza, tige de la canne à sucre ou de la betterave). Ainsi, la ressource utilisée pour les ACG2 sera très diversifiée et potentiellement distincte des produits agricoles au sens strict (agriculture, forêt, résidus de provenances diverses). La matière première des ACG2 serait bien moins chère que celle des ACG1 et sa production rentrerait bien moins en concurrence avec les cultures vivrières.

Les attentes envers les agrocarburants de deuxième génération

Les capacités physiques européennes limitent le développement des agrocarburants de première génération (ACG1). En France, atteindre 10 % d'incorporation demanderait un recours à des importations, si on se refuse à franchir des seuils de dégradation écologiques (Poux *et al.*, 2008). À l'échelle de l'Europe, le conseil scientifique de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE, 2008) tire le même constat. S'en tenir à l'objectif de 10% risquerait de projeter une lourde empreinte écologique sur les pays du Sud. Depuis la conférence de Rio sur l'environnement et le développement, en 1992, et la signature des conventions sur le changement climatique et la biodiversité, l'Union Européenne plaide pour la protection des forêts tropicales. Ne serait-il pas illogique de laisser s'accomplir leur destruction au nom de la lutte contre l'effet de serre dans les pays du Nord, et ce pour dégager des surfaces agricoles propices aux exportations d'agrocarburants vers l'Europe, demande le conseil scientifique de l'AEE ?

La brève histoire des ACG1 est marquée par la montée des critiques (OCDE, 2007). Dans un récent éditorial, la revue *Nature* évoque « l'accumulation de preuves contre la présente génération de biocarburants »⁸¹. Le bilan largement positif d'émissions de gaz à effet de serre prêté aux ACG1 au début des années 2000 est maintenant contesté et revu à la baisse d'année en année pour les produits énergétiques issus de cultures aux Etats-Unis et en Europe (cf. supra), alors que ceux produits au Brésil échappent pour une part à ces interrogations. La rentabilisation attendue ne se matérialise pas dans les pays tempérés, à la différence des contrées tropicales (Sachs, 2007). Des experts de l'Organisation de coopération et de développement économique (Doornbosch *et al.*, 2007) demandent la révision des objectifs d'incorporation en Europe, tout comme le conseil scientifique de l'AEE (2008).

Les incertitudes économiques sur la rentabilité des ACG1 et leurs limites écologiques renforcent donc l'intérêt et les espoirs suscités par les agrocarburants de deuxième génération (ACG2). Ils offriraient des réponses aux objections humanitaires, environnementales et économiques faites à la première génération. Plutôt que d'utiliser des produits alimentaires, ils mobiliseraient des sous-produits de culture ou de cultures dédiées sur des terres de faible qualité (cf. Girard, infra). De plus, ces productions extensives nécessiteraient beaucoup moins d'intrants (azotés et pesticides) et de ce fait les processus de production dégageraient moins d'émissions de gaz à effet de serre. Enfin, les ACG2 deviendraient rentables au fur et à

mesure des effets d'apprentissage lors de l'industrialisation et de la massification de leurs productions.

La rhétorique mobilisatrice pour les ACG2 présente une structure parente de celle qui permit le développement des ACG1 à la fin de la décennie 90. Avec la même assurance qui réussit à mobiliser des acteurs agricoles et du capital-risque.

Les attentes envers les ACG2 partageront-elles le sort de celles qui ont accompagné les ACG1? La question peut se poser tant les incertitudes qui entourent les ACG2 sont encore grandes. La question est d'importance au vu des investissements à réaliser (IEA, 2008) et des espoirs entretenus : un potentiel dix fois supérieur à celui de la première génération.

« La priorité devrait être accordée aux recherches sur les biocarburants de deuxième génération, pas seulement à celles consacrées aux technologies, mais aussi aux présupposés sur leurs coûts et sur la disponibilité des approvisionnements à long terme des cultures énergétiques » (Doornbosch *et al.*, 2007).

Resserrer les marges d'incertitude permettra d'optimiser les investissements et d'anticiper les éventuels risques écologiques. Pour de nombreux experts, des politiques publiques, assises sur une forte coopération internationale, seront nécessaires pour « s'assurer du caractère soutenable de leur production, maximiser les bénéfices et minimiser les coûts (sociétaux) » (Fulton, cf. *infra*)

Les défis technico-économiques

Les ACG2 ne posent pas de défis technologiques majeurs : les deux grandes filières, la voie thermochimique et la voie biochimique, sont expérimentées depuis des décennies.

Par la voie thermochimique, les molécules sont craquées sous l'action de la chaleur afin de convertir la biomasse lignocellulosique en un mélange gazeux de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H₂), dit gaz de synthèse. À cet effet on a le choix entre plusieurs procédés⁸².

Les produits obtenus en fin de *process* appartiennent à la famille des carburants de synthèse. Issus de la biomasse, ils sont nommés sous l'acronyme de BTL (*Biomass To Liquid*). La voie thermochimique ouvre à une large gamme de carburants (hydrogène, carburants liquides oxygénés, dont l'éthanol, ainsi que du gazole et du kérosène par le biais de la synthèse Fisher-Tropsch) Plusieurs sites pilotes fonctionnent, comme celui de l'ENI à Sannazoro en Italie, depuis 2001, avec une technologie canadienne et qui produit un millier de tonnes de carburants par an ou encore celui que vient de construire Choren à Freiberg, en Allemagne (Cormeau & Gosse., 2007).

Par la voie biochimique, on obtient surtout de l'éthanol. Les traitements successifs (la destruction de la lignocellulose, l'hydrolyse des sucres complexes en simples, la fermentation et la séparation) se déroulent dans des milieux liquides. Parmi les sites pilotes existants, le plus grand est celui de l'Iogen Corporation, avec une participation de Shell, à Ottawa au Canada. La multinationale Abengoa, présente à Lacq en France, va mettre en service une usine de capacité double (4 000 t d'éthanol/an) dans son pays d'attache, l'Espagne, à Babilafuente.

Les procédés thermochimiques et biochimiques ouvriraient à la production de différents composés dont certains permettraient de développer une chimie du carbone renouvelable (Cormeau & Gosse, 2007). Ces débouchés potentiels abaisseraient le coût de production des ACG2 (cf. Fulton, *infra* et Girard, *infra*).

Les experts divergent sur la date probable du passage à la phase industrielle. Les études de l'AEE (2007) tablent sur une montée en puissance des ACG2 dès la décennie 2010-2020. Par contre, l'OCDE et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) établissent des projections pour les années 2008-2017, sans envisager leur introduction

⁸²

Voir Girard (*infra*) ainsi que Cormeau J. & Gosse G., Biocarburants de deuxième génération : semer aujourd'hui les carburants de demain, Demeter 2008- économie et stratégies agricoles -, Club Demeter, 2007.

(OCDE-FAO, 2008). La loi sur l'énergie signée par le Président des Etats-Unis, le 19 décembre 2007, impose aux usines de traitement de commencer à passer aux ACG2 en 2016. De son côté, l'AIE ne voit pas les agrocarburants de deuxième génération jouer un rôle important avant 2030 (IEA, 2006).

Les obstacles sont avant tout d'ordre économique. À quel horizon temporel les recherches technologiques peuvent-elles abaisser suffisamment les coûts ?

Pour la fabrication d'AC diesel, la voie thermochimique peut utiliser en phase finale le procédé Fischer-Tropsch. Utilisé industriellement pour la synthèse du charbon gazéifié en carburant, ce procédé est déjà mature industriellement.

Les verrous technologiques à lever relèvent pour une part de l'ingénierie (cf. Girard, infra). Une autre difficulté est celle de la taille des installations. Leur coût incite à la construction d'unités de grande taille. Toujours pour des raisons de rentabilité, les investisseurs souhaitent ramasser les zones de collecte des produits agroénergétiques. Il y aurait une contradiction, ou un optimum à trouver, entre le besoin de réaliser des économies d'échelle avec des installations puissantes et la dispersion inhérente à l'agriculture énergétique extensive des ACG2.

Pour la fabrication d'AC essence, dès que la biomasse est convertie en sucre, on en revient aux procédés de fabrication de l'éthanol de la première génération. Les efforts de R-D portent en priorité sur les phases initiales. Pour l'éthanol, comment transformer économiquement les constituants de la biomasse, la lignine et la cellulose, en sucre ? Malgré des progrès, la voie enzymatique reste chère. À quels horizons temporels peut-on produire des enzymes à meilleur prix ?

Les efforts les plus récents de R-D explorent les potentiels des bactéries et d'autres micro-organismes (Wall, Harwood & Demain, 2008, Tollefson, 2008). Les biotechnologies sont largement sollicitées ; et depuis peu la biologie synthétique, qui cherche à créer des entités beaucoup plus sophistiquées que celles obtenues par l'ingénierie génétique habituelle.

Des réponses à ces questions dépend le démarrage industriel de l'éthanol de deuxième génération.

Les incertitudes du potentiel agricole

L'opposition entre pays tropicaux et tempérés pourrait persister avec le passage à la deuxième génération d'agrocarburants. Pour la première génération (ACG1), les conditions pédoclimatiques déterminent des productions agricoles avec un fort différentiel : la canne à sucre a des rendements énergétiques souvent doubles de ceux du blé (cf. Girard, infra). On retrouve un différentiel du même ordre pour les substituts du diesel entre l'huile de palme des pays tropicaux et le colza des contrées tempérées.

Pour la production d'éthanol de deuxième génération, il est possible qu'il n'y ait pas de progrès majeur du rendement énergétique par hectare : certains chiffres indiquent que l'éthanol de canne à sucre, un ACG1, aurait un rendement énergétique supérieur aux ACG2 de la voie biochimique. Pour obtenir un rendement quelque peu meilleur, il faudrait par exemple développer du méthanol de deuxième génération à partir d'eucalyptus (cf. Fulton, tableau 2 et Girard, tableau 1, infra).

Par contre, pour le diesel, les ACG2, (diesel BTL d'eucalyptus, DME⁸³) auraient des performances supérieures à celles des ACG1 diesel (cf., Girard, infra).

Ces premières indications se confirmeront-elles ? Et notamment la polarisation que nous connaissons entre pays tropicaux et tempérés persistera-t-elle ? Resserrer les estimations

⁸³ Le DME (diméthyléther), qui présente de bonnes performances est un gaz liquide sous faible pression à température ambiante et requiert des conditions de stockage analogues à celles du gaz de pétrole liquéfié, ce qui lui vaut l'appellation de GPL pour moteurs diesel (cf. Corneau J. & Gosse G., 2007)

serait d'importance, tant la question est cruciale.

Si ces chiffres étaient confirmés, la montée en puissance des ACG2 essence pourrait ne pas entraîner l'obsolescence de la filière ACG1 éthanol par la canne à sucre. Or, le potentiel de culture est grand dans les pays tropicaux (cf. infra). Cela peut donner à penser que les agrocarburants de deuxième génération coexisteraient avec des ACG1 tropicaux.

Le rendement énergétique pèse sur le bilan des émissions de gaz à effet de serre. Plus le rendement est élevé, plus est grande l'éventualité d'un bilan amélioré. Celui-ci peut encore être amélioré par les coproduits : électricité, chimie du carbone renouvelable, etc. (cf. Fulton, infra) : on prête, de ce point de vue, un plus grand potentiel aux ACG2 qu'aux ACG1 (AIE, 2008).

Le débat sur les modes de production reste entier entre l'utilisation de résidus agricoles, de bois de forêts ou de cultures dédiées.

Le potentiel des forêts est objet de discussions. Sans prendre en compte les besoins énergétiques, la demande en bois pourrait croître d'un quart d'ici 2050. Les résidus de l'agriculture sont largement recyclés pour conserver la fertilité des sols (OCDE, 2007). Les cultures dédiées fourniront-elles la base du développement des ACG2 ? Des différents modes de production, c'est encore le plus coûteux et celui qui aura le plus fort impact sur les paysanneries des pays tropicaux.

La controverse sur les superficies disponibles sur le globe pour de nouvelles cultures n'est pas close. Ce débat dans les institutions multilatérales comme l'OCDE ou l'AIE a démarré à partir d'une étude de la FAO et de l'IIASA (Fischer *et al.*, 2000). Selon ces travaux, un peu moins d'un quart des surfaces terrestres est disponible pour des cultures non irriguées. Une fois déduites les terres aujourd'hui cultivées et celles qui le seront pour couvrir les besoins d'une population mondiale dont on s'attend à ce qu'elle atteigne 9 milliards d'habitants en 2050, une estimation de 0,7 Gha est souvent avancée⁸⁴. Cependant plus de la moitié de celle-ci est déjà utilisée par l'élevage extensif.

L'extension des agrocarburants demanderait donc une accélération du mouvement vers un élevage plus intensif et hors sol : ceci pourrait libérer autour de 0,44 Gha (Doornbosch *et al.*, 2007).

Les superficies réellement utilisables seront-elles encore plus rares que ce que donne à entrevoir l'évaluation du potentiel physique ? Le quart de ce potentiel agricole se situe en effet dans des zones géopolitiquement instables aujourd'hui (Soudan, République Démocratique du Congo, Colombie, etc.) Qu'en sera-t-il dans les décennies à venir ?

Pour les experts de l'OCDE, « la compétition pour les terres arables entre la nourriture, les fibres, les biomatériaux et la production énergétique ne peut être évitée » (Doornbosch *et al.*, 2007). Sans évoquer la pression sur les sols introduite dans nombre de pays par le développement urbain.

Le cumul des incertitudes sur les potentiels techniques et agricoles élargit encore les interrogations. Exprimées en termes énergétiques, le GIEC situe les incertitudes dans une fourchette de 1 à 5, soit de 125 à 760 exajoules par an. (IPCC-GIEC, 2007)

Les incertitudes de la compétition énergétique

⁸⁴

Cette compétition pour l'espace se situe elle-même dans un contexte global incertain. À l'horizon 2050, les projections de la population mondiale se situent dans une fourchette entre 7,792 et 11,858 milliards d'habitants, (cf. <http://www.un.org/esa/population/publications/Wpp2006/wpp2006.htm>.) Le chiffre de 9,191 milliards exprime l'hypothèse de référence. Les projections de croissance économique globale – laquelle influera sur les changements de régimes alimentaires – sur une si longue période soulèvent des questions. Progressera-t-elle au taux actuel, qui est historiquement des plus élevés ? Enfin, évaluer les incidences du changement climatique sur les agricultures vivrières, à travers les régions du monde reste un chantier (IPCC, 2007).

L'importance des surfaces requises par les agrocarburants provient de leurs caractéristiques physiques. La puissance énergétique est définie comme la puissance disponible, en moyenne sur l'année, par unité de surface terrestre. Avec des rendements de conversion photosynthétique de l'énergie solaire inférieurs à 0,5 %, la puissance énergétique de la biomasse, se situe entre 0,01 W/m² et 1,2 W/m² (Smil, 2003). La puissance énergétique la plus forte provient des forêts intensivement entretenues, puis de la canne à sucre ; la puissance énergétique la moins forte des forêts tempérées non entretenues ; entre ces deux extrêmes, se situent les résidus et des cultures comme celle du maïs. Les hiérarchies productives des ACG1 et ACG2 qui mettent en tête respectivement la canne à sucre et les forêts entretenues reposent sur une base physique).

Par comparaison, les carburants fossiles se situent entre 1 000 et 10 000 W/m². Ils permettent donc de mobiliser peu de surface terrestre pour produire une énorme quantité de carburants fossiles, mais avec évidemment des contraintes physiques différentes, tenant cette fois aux volumes en stock. C'est pourquoi certains chercheurs ont d'emblée suggéré que les AC ne pourraient remplacer à eux seuls les besoins couverts par les carburants fossiles, faute de disposer d'une surface nécessaire sur la terre (Boardman, 1976).

Les agrocarburants s'inscrivent dans une large panoplie d'énergies alternatives au pétrole (AIE, 2008) et, dans la compétition qui s'ouvre entre elles, les caractéristiques physiques des unes et des autres auront de l'importance. Elles affectent leur potentiel de rentabilisation. Les agrocarburants de troisième génération, les ACG3, à base d'algues (qui ne fabriquerait plus un carburant mais de l'hydrogène) se situeraient autour de 3 W/m²⁸⁵, soit au niveau de l'hydroélectricité au fil de l'eau. L'énergie éolienne a une puissance énergétique près de dix fois plus élevée, entre 5 et 20 W/m², et l'hydroélectricité de montagne se tient entre 10 et 50 W/m².

Dans cette concurrence interénergétique, l'avantage des AC tient dans leur capacité à produire un vecteur énergétique liquide, propice aux usages pour le transport routier. Dans l'attente des véhicules électriques ou à hydrogène ils sont en compétition exclusivement avec des carburants d'origine fossile (pétrole ou liquides ex-charbon). Mais la compétition pourrait s'élargir. Les constructeurs japonais et français sont engagés pour la plupart dans des programmes ambitieux de développement des motorisations alternatives requérant des investissements lourds (Toyota avec les hybrides depuis plusieurs années, Honda avec la voiture à hydrogène dont il commercialise en 2008 le premier modèle cette année, Renault-Nissan avec la locomotion électrique vers 2010-2011.)

Références

Boardman N.K., 1976. Biological conversion of solar energy: An assessment of its potential contribution to our energy requirements. *In* Annual Engineering Conference 1976: Engineering 1976-2001, pp 6-10, Barton, ACT: Institution of Engineers, Australia, 1976.

Cormeau J. & Gosse G., 2007. Biocarburants de deuxième génération: Semer aujourd'hui les carburants de demain, Demeter 2008 – économie et stratégies agricoles –, Club Demeter, 2007, Paris.

Doornbosch R. & Steenblik R., 2007. Biofuels : Is the cure worse than the Disease ?, OECD Publications, Paris.

Fischer G., Van Velthuisen H. & Nachtergaele F., 2000. Global Agro-Ecological Zones Assessment: Methodology and Results, Interim Report IR-00-064, IIASA & FAO, Rome

IEA, 2006. World Energy Outlook 2006, IEA/OECD Publications.

IEA, 2008. Energy Technology Perspectives 2008, in support of the G8 Plan of Action, Scenarios and Strategies to 2050, IEA/OECD Publications.

IPCC, 2007. Climate Change 2007, Working Group I Report, Impacts, Adaptation & Vulnerabilities, Cambridge University Press

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

IPCC, 2007. Climate Change 2007, Working Group III Report, Mitigation of Climate Change, Cambridge University Press.

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

Poux X. & Chevillotte. G., 2008. Elaboration de scénarios contrastés d'usages des sols agricoles associés aux agrocarburants, AsCA, Paris.

Sachs I., 2007. The Biofuels Controversy, UNCTAD, New York

Smil V. 2003. Energy at the Crossroads, MIT Press, Cambridge, MA.

Tollefson J., 2008. Not your father's biofuels, *Nature*, **451**, 880-883.

Wall, J. D., Harwood, C. S. & Demain, A., 2008, Bioenergy, ASM Press, Herndon, Va.

LES BIOCARBURANTS DE SECONDE GENERATION : ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES

Philippe Girard, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
philippe.girard@2ie-edu.org

Introduction

La demande en énergie mondiale est très largement dépendante des sources d'énergie fossiles. Une part significative de la progression de cette demande sur le court et moyen terme concernera le secteur des transports, notamment en provenance des pays émergents⁸⁶. Selon la même source, en 2030, le secteur des transports devrait être responsable du tiers des émissions mondiales de CO₂. Cette considération, conjuguée à l'augmentation importante et soutenue du prix du pétrole, explique l'intérêt que portent tous les pays, et notamment les pays non producteurs de pétrole, pour les biocarburants.

Il existe un nombre important d'options de carburants alternatifs pour les transports, comme le montre la figure 1 ci-après. Ces solutions ont atteint des degrés de maturité divers et certaines d'entre elles font l'objet d'importantes recherches au niveau international comme c'est le cas des biocarburants (aussi appelé agrocarburants dans la mesure où les biocarburants actuellement utilisés sont d'une manière générale élaborés à partir de produits agricoles). L'objet de cet article est de dresser un rapide état des lieux des filières technologiques de production de ces carburants de seconde génération, de présenter leurs avantages et les verrous technologiques existants afin de dégager les opportunités et les besoins de recherches.

L'intérêt des biocarburants de seconde génération

Les biocarburants sont des produits élaborés à partir de biomasse ou, plus généralement pour ceux qui sont actuellement commercialisés, de produits agricoles. Les biocarburants conventionnels dits de première génération comme : les huiles végétales brutes, l'éthanol et les esters d'huiles végétales, ont atteint un niveau de maturité technologique qui ne laisse plus espérer que de faibles gains de rendement ou de productivité. Leur principal inconvénient réside dans une productivité à l'hectare plutôt faible. En effet, seule une fraction mineure de la plante (sucre et amidon pour l'éthanol, huiles végétales pour les esters) est utilisée. De plus, pour atteindre ces niveaux de productivité, les cultures dont ils dépendent sont relativement exigeantes en termes d'intrants (engrais, pesticides ...), de qualité de sol ou de disponibilité en eau, principale limite à leur forte expansion.

Les biocarburants de seconde génération ne sont, quant à eux, pas encore disponibles sur le marché et les technologies de conversion dont ils sont issus en sont encore au stade, soit de la recherche, soit du pilote industriel. Leur principal atout, qui justifie les programmes de recherche mis en œuvre (encore bien timides au regard des enjeux), tient au fait que les procédés permettent de convertir l'intégralité de la biomasse et notamment de ses constituants ligno-cellulosiques.

⁸⁶ IEA, "World energy outlook 2004" 2004.

	Filière biocarburant	Rendement biomasse t/ha	Rendement biocarburant	
			volumique l/ha	énergétique GJ/ha
1 ^{ère}	Biodiesel de tournesol	1.5 -2.4(graine)	680-1100	23.4-37.2
	Biodiesel de soja	2.6 -3.6(gr.)	450-610	15.8- 21.4
	Biodiesel de colza	1.5-3.64(gr.)	690-1560	23.4-52.8
	Biodiesel de graine de coton	1.3-1.7 (gr.)	260-340	9.0-11.8
	Biodiesel de pourghère (jatropha)	0.8-2 (gr.)	240-600	8.2-20.4
	Biodiesel de palme	7 - 15 (gr.)	3500-7500	121.8-261.0
	Ethanol de blé	6.7 - 8.3	2510-2990	53.4-63.6
	Ethanol de maïs	6 - 8.7	2160-3130	46.0-66.6
	Ethanol de betterave	56.4 - 84	3200-4800	68.1-102.2
	Ethanol de canne à sucre	50-85	3500-6500	74.5-138.3
	Ethanol de sorgho	92	5000	106.4
2 nd	Ethanol de paille de blé	3.2-6.0 mat. sèche	1200-2270	25.6-48.3
	Ethanol cultures pérennes	12.3mat. Sèche/an	4060	86.4
	Biodiesel FT d'eucalyptus	20 mat. sèche/an	3000-5000	103.2-172.0
	Méthanol d'eucalyptus		9000-11000	140-172
	DME d'eucalyptus		10000	188

Tableau 1 : Productivité comparée des biocarburants de première et seconde génération^{88,89,90,91}

La voie biochimique. Contrairement à la lignine qui est un polymère de structure complexe à base de groupements phényles, la cellulose et les hémicelluloses sont des polysaccharides, polymères du glucose et donc potentiellement fermentescible. Il est donc possible de transformer par la voie biologique des matières premières ligno-cellulosiques en éthanol. Cela suppose quatre étapes principales :

- Un prétraitement pour séparer les différents constituants de la plante et rendre la cellulose accessible aux enzymes. Ce prétraitement peut être soit thermochimique, soit thermomécanique, soit couplé avec des enzymes. Il permet de réduire le degré de polymérisation de la cellulose pour la rendre plus réactive à l'hydrolyse enzymatique. Le prétraitement ne doit cependant pas être trop agressif sous peine de dégrader les hémicelluloses et de produire des inhibiteurs de fermentation.
- L'hydrolyse permettant la transformation des constituants de la biomasse en produits fermentescibles. Par ses capacités de synthèse et de sécrétion en quantité importante d'enzymes capables d'hydrolyser la cellulose, *Trichoderma* est un des hôtes favori du génie génétique pour la production d'enzymes nécessaires à l'augmentation du rendement de saccharification des substrats. Le coût de production des cellulases reste cependant un verrou important, même s'il a été réduit de façon significative ces dernières années par l'utilisation de technologies de fermentation performantes et l'amélioration génétique^{92,7)} La dégradation

⁸⁸ Ballerini D., Les biocarburants 2006– Etat des lieux, perspectives et enjeux du développement. IFP publications, Edition Technip

⁸⁹ Ouwens K.D., Francis G., Franken Y.J., Rijssenbeek W., Riedacker A., Foidl N. & Jongschaap R., 2007. Position Paper on *Jatropha curcas*- State of the Art, Small and Large Scale Project Development FACT *Jatropha* seminar.

⁹⁰ Van Thuijl E., Roos C.J. & Beurskens L.W.M., 2003. An overview of biofuel technologies, markets and policies in Europe - ECN-C-008 January 2003.

⁹¹ Hamelinck C.N., 2004. Outlook for advanced biofuels. Utrecht University ISBN: 90-393-3691-1.

⁹² Enguidanos M., Soria A., Kavalov B. & Jensen P., 2002. Technico-economic analysis of bio alcohol

enzymatique des hémicelluloses requiert par contre une grande variété d'enzymes dont l'action peu faciliter la dégradation des fibres de cellulose⁹³. L'enjeu au niveau des procédés consiste cependant à cogérer les cinétiques des différentes souches microbiennes sans créer d'inhibitions. Des progrès importants sont encore nécessaires.

- La fermentation des sucres en alcool. Par rapport à la fermentation bien maîtrisée du glucose, la conversion de d'hydrolysats ligno-cellulosiques en éthanol ne permet pas, dans l'état actuel des connaissances, d'atteindre les performances satisfaisantes pour aboutir à un procédé économiquement viable. Les principales contraintes concernent là encore la gestion des inhibiteurs (dont la nature et la concentration est fonction des conditions et de la méthode d'hydrolyse) et de la bonne utilisation des pentoses.

- La distillation pour séparer l'éthanol.

Une étape qui reste également à franchir pour cette technologie est le changement d'échelle. En effet, il n'existe pas d'unité industrielle qui soit actuellement opérationnelle. Si des projets commerciaux sont annoncés, notamment aux Etats-Unis, aucun n'est encore sorti de terre et les pilotes semblent rencontrer des difficultés à l'image de l'unité espagnole d'Abengoa. Un autre désavantage du procédé fermentaire est la non-valorisation de la lignine en tant que carburant. Cette dernière peut cependant être utilisée pour la cogénération de chaleur et d'électricité et ainsi contribuer à améliorer les performances environnementales de la voie cellulosique par rapport à la production d'éthanol classique, très consommatrice d'énergie.

La voie thermochimique. L'autre voie de conversion de la biomasse ligno-cellulosique en un carburant liquide est thermochimique (BTL pour *Biomass To Liquid*). Pour ce faire, la biomasse ayant subi un pré-conditionnement plus ou moins poussé, en fonction de son origine et des options techniques retenues, est tout d'abord gazéifiée et transformée en un gaz contenant majoritairement du monoxyde de carbone (CO), de l'hydrogène (H₂) et un certain nombre de polluants qui devront être soit convertis (CH₄, CO₂, ...), soit éliminés (goudrons, ...), avant de pouvoir engager la réaction de synthèse proprement dite. La figure 2 schématise les options de la voie thermochimique.

production in the EU: a short summary for decision makers. European Commission Joint Research Centre Report EUR 20280 EN.

⁹³ Sun Y. & Cheng J., 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*, **83**, 1-11.

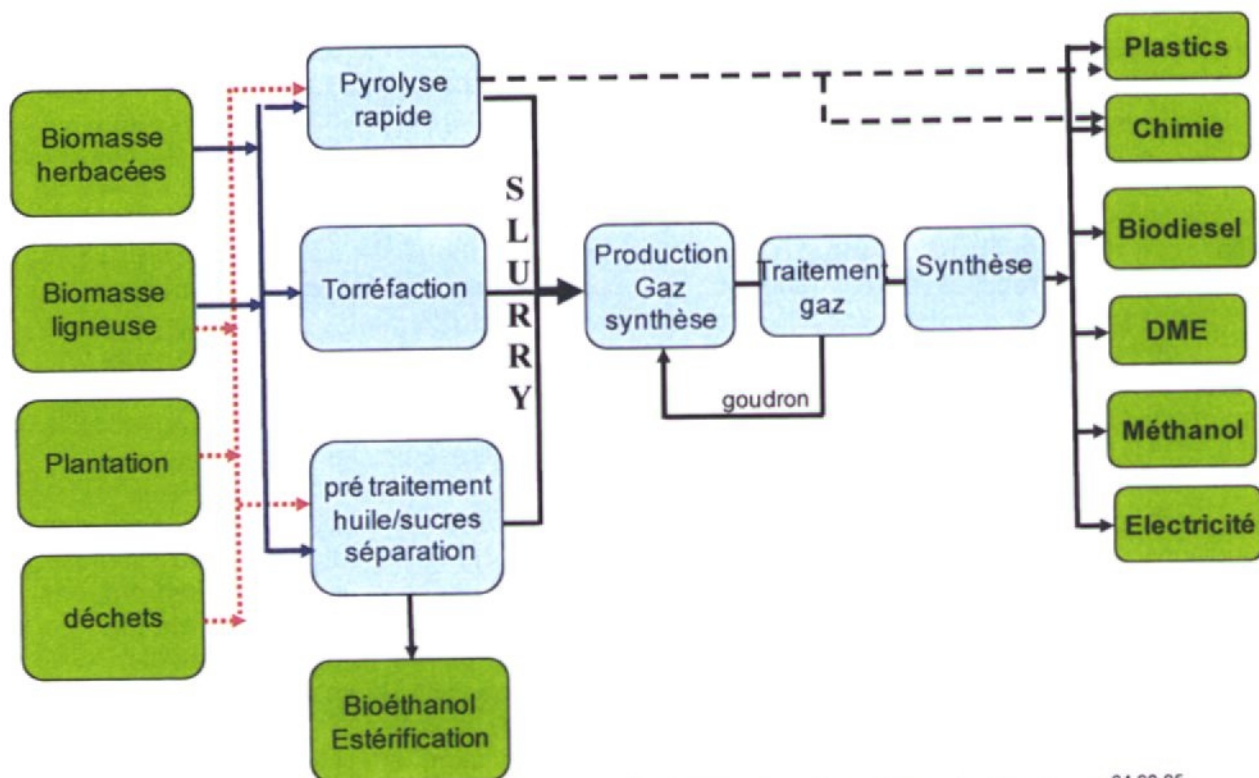


Figure 2 : Schéma de principe de la synthèse de biocarburants à partir de biomasse^{94,90,95} ..

L'étape de pré-conditionnement inclut, outre le séchage préalable et le broyage (la granulométrie dépend de la technologie de gazéification), des étapes de préparation plus poussées, comme la pyrolyse rapide ou la torréfaction. Ces deux méthodes de conversion ont pour objectif de concentrer énergétiquement ou d'homogénéiser la biomasse pour la rendre plus facilement transportable. Ces conversions peuvent permettre en effet de délocaliser l'étape de pré-conditionnement sur les zones de production de biomasse, pour transporter économiquement un produit semi-fini (liquide ou solide) aux caractéristiques plus homogènes et plus facilement manipulable. De telles options permettent d'envisager de grosses unités BTL approvisionnées à partir de ressources multiples, éventuellement importées. Ces unités, comme l'illustre la figure 2, sont le plus souvent imaginées sur le principe de bio-raffineries visant à maximiser l'utilisation du carbone de la biomasse.

La réaction de gazéification, étape centrale, a lieu sous haute température, entre 1200 et 1500°C. Elle permet de convertir l'ensemble des constituants de la biomasse en gaz. De nombreuses publications décrivent cette étape qui est largement mise en œuvre à partir de charbon ou de coke de pétrole^{96,97(12)}. Les travaux menés à ce jour sur cette étape au niveau pilote laissent espérer une maturité industrielle à très court terme. En effet, même si quelques

⁹⁴ Kavalov B. & Peteves S.D., 2005. Status and perspectives of biomass to liquid fuels in the European union. European Commission joint research centre ISPRA, ISBN 92- 894-9784-X.

⁹⁵ Boerringer H., Den Uil H. & Calis H.P., 2002. Geen diesel from biomass via fischer-tropsch synthesis: new insights in gas cleaning and process design. Pyrolysis and gasification of biomass and waste. Expert meeting. Strasbourg, France.

⁹⁶ Childress J. , 2007. The Gasification Industry: 2007 Status & Forecast - Gasification Technologies Workshop in Indianapolis, IN- June 12-13, 2007.

⁹⁷ <http://www.gasification.org>

verrous existent encore en gazéification de biomasse (tenue des matériaux notamment), cette étape est aujourd'hui globalement maîtrisée. La qualité du gaz obtenu varie en fonction de la nature de la biomasse d'origine mais surtout du choix de l'agent oxydant : air, oxygène ou vapeur. Selon le type d'agent oxydant (air oxygène) et selon l'origine de la chaleur nécessaire à la réaction (auto-thermique ou allo-thermique), le gaz est plus ou moins riche en N_2 (la gazéification à l'air est plutôt déconseillée pour la synthèse Fischer Tropsch) ou, ce qui est recherché, riche en H_2 (de 140 à 170 kg d'hydrogène par tonne de biomasse selon que la gazéification est réalisée à l'oxygène ou à la vapeur). Les coûts d'investissement et de fonctionnement sont radicalement différents et dépendent de ces choix. Sans entrer dans les détails de la gazéification, quel que soit le mode choisi, le gaz produit nécessite toujours une étape, dans un premier temps, d'épuration pour le débarrasser de l'ensemble de ses impuretés (poussières, goudrons, ...), suivie d'étapes de conditionnement pour ramener le ratio CO/H_2 proche de deux, nécessaire à la réaction de synthèse Fischer Tropsch.

A partir du gaz propre et conditionné (élimination et conversion du CO_2 et du CH_4), dans des conditions précises de pression, de température et en présence de catalyseurs, la synthèse Fischer Tropsch va élaborer une gamme assez étendue d'hydrocarbures qui permettront, par hydrocraquage et distillation, l'obtention notamment d'un diesel d'une grande pureté (pas de soufre notamment). Pour la production d'une tonne de diesel par la voie BTL, Boerringer *et al.* (2002) annoncent une consommation d'environ 8 tonnes de biomasse sèche, ce qui représente un rendement d'environ 150 litres par tonne de biomasse⁹⁵. Des rendements de 200 à 250 litres sont aujourd'hui escomptés en gazéification en lit entraîné et à haute température. Ces réacteurs produisent en effet des gaz avec un fort taux d'hydrogène (meilleur ratio CO/H_2) et des contaminations, en goudron notamment, d'un moindre niveau⁹⁶.

Si la réaction Fischer Tropsch est connue depuis longtemps (Sasol produit près de 40% du carburant consommé en Afrique du Sud par cette voie en gazéifiant du charbon)⁹⁸, une des principales limites de cette voie réside dans son manque de sélectivité. Les efforts de recherche devront entre autre porter sur la formulation de catalyseurs afin d'orienter la réaction vers les produits de la famille des alcanes linéaires pour maximiser l'obtention de diesel.

Le deuxième obstacle de cette filière réside dans la contamination des gaz en impuretés de toute nature (goudrons, poussières, produits halogénés et soufrés, ...) qui ont pour origine les matières minérales de la biomasse (Cl, S, K...) ou sont le résultat de conversions incomplètes (goudrons). Les catalyseurs utilisés dans les différentes étapes du procédé sont extrêmement sensibles à ces polluants (désactivation, vieillissement accéléré ...) Les spécifications pour un bon fonctionnement requièrent souvent des concentrations dans les gaz inférieures au milligramme, ce qui rend cette étape particulièrement complexe, par la succession d'étapes coûteuse comme l'illustre la figure 3. Les travaux les plus récents sur ce sujet ont été menés notamment dans le cadre du projet européen RENEW⁹⁹. Ils mettent bien en évidence les problèmes rencontrés lors de cette étape de synthèse.

Compte tenu de l'état des connaissances à la fois sur les filières biochimique et thermochimique, la démonstration industrielle de telles unités en France est certainement prématurée si l'on tient compte des incertitudes sur certaines options techniques non encore validées (et du coût de telles opérations si elles ne sont pas suffisamment matures). Par contre, en considérant la nature et la pluridisciplinarité des équipes de recherche déjà engagées sur ce sujet en France (CEA, IFP, CIRAD, CNRS, INRA), il serait opportun de mettre en place des pilotes de R&D mutualisés, en intégrant l'ensemble de la filière. Il apparaît

⁹⁸ <http://www.sasol.com>

⁹⁹ <http://www.renew-fuel.com>

en effet essentiel de rapprocher les équipes et les professionnels qui travaillent sur la ressource et sur la technologie.

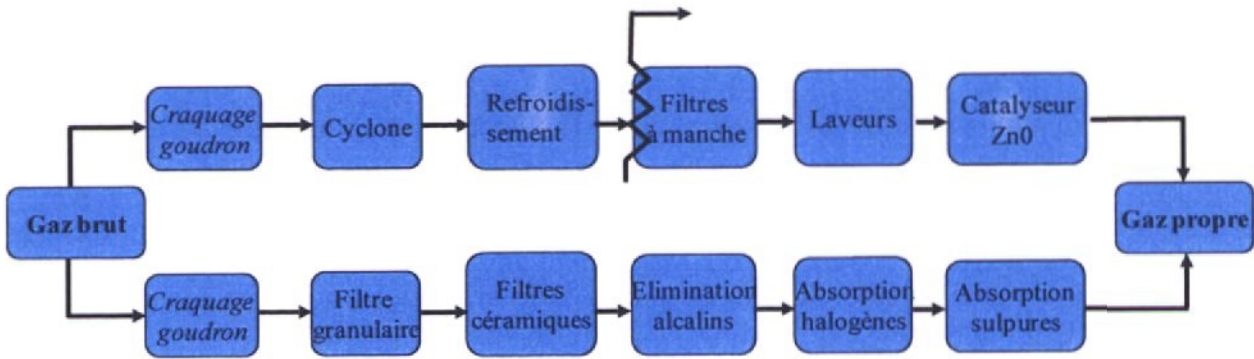


Figure 3 : Les différentes étapes du traitement des gaz avec ou sans refroidissement du gaz⁸⁷.

Afin de pouvoir optimiser toutes ces étapes de raffinage, la taille des unités industrielles Fischer Tropsch existantes ou en cours de réalisation est importante¹⁰⁰, pour bénéficier de l'effet d'échelle. Cette caractéristique n'est pas une contrainte quand il s'agit de convertir du charbon minéral (Afrique du Sud) ou du gaz naturel (Qatar). Elle devient critique quand il s'agit de biomasse, produit difficilement transportable économiquement sur de grandes distances. Des travaux seraient à entreprendre pour analyser les verrous technologiques à la « miniaturisation » des unités, pour rendre performantes des installations de l'ordre du million de tonne de biomasse, taille qui correspond aujourd'hui à une unité pilote en synthèse gaz.

Cette contrainte ne s'applique pas seulement à la voie thermochimique, mais concerne d'une manière générale toute unité de transformation de la biomasse. Elle est plus contraignante sur les carburants de seconde génération du fait de la taille minimum requise des installations, pour permettre une optimisation des rendements matière et énergétique notamment. Dès lors, c'est bien la disponibilité de la biomasse qui peut constituer aujourd'hui le principal frein au développement de ces technologies.

Les résidus agricoles sont souvent avancés comme étant l'avenir des options biomasses (toutes applications confondues) dans la mesure où ils offrent un gisement potentiel énorme¹⁰¹. Si le gisement théorique ne fait pas de doute, ces matières premières font déjà l'objet de nombreuses utilisations qui réduisent sérieusement leur disponibilité. Les difficultés liées à leur mobilisation limitent encore leur accessibilité. De plus, dans un contexte énergétique très contraint, il est fort probable que les filières courtes (co-génération) trouveront des applications très performantes en milieux agricoles et agro-industriels qui devraient accroître la compétition sur ce gisement. La révision nécessaire des pratiques culturales et le maintien ou l'amélioration de la fertilité des sols, par l'enfouissement des résidus pour améliorer la teneur en matières organiques, devraient à terme définitivement éliminer ce potentiel, sauf situation opportune¹⁰².

¹⁰⁰ van Vliet O., Faaij A. & Turkenburg W., 2007. Developments in Fischer-Tropsch diesel in a WTW chain perspective. International Conference on Transport and Environment Milan, 2007

¹⁰¹ WWI, 2006. Biofuels for Transportation: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century. World Watch Institute, prepared for the German Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection in coordination with the German Agency for Technical Cooperation

¹⁰² Voir les travaux menés dans le cadre de la chaire "Nouvelles stratégies Energétiques" de l'école des Mines de Paris – www.capcampus.com/formation/actualite/agenda/colloque-de-lancement-de-la-chaire-nse-a10078.htm

Les biomasses dédiées, plantations énergétiques, devraient définitivement constituer l'essentiel de l'approvisionnement des unités de biocarburant de seconde génération. Ce secteur nécessite d'importants efforts de recherche afin de permettre la mise au point de nouvelles variétés plus performantes et moins exigeantes en matière : d'intrants, de sol, d'eau, ou pour l'obtention de produits standards aux caractéristiques définies sur critères technologiques et plus seulement agronomiques (optimisation de la composition chimique ; cellulose, lignine, matières minérales en fonction de l'application). Cela devrait nécessiter de nouvelles pratiques culturelles pour tenir compte de nouvelles exigences pour l'agriculture : compétition d'usage ou d'accès aux terres, éthique vis-à-vis des pays en développement (PED), environnemental. Ces besoins de biomasse devraient du reste faire des pays tropicaux des partenaires incontournables dans la mesure où ils disposent de terre et surtout (pour certains d'entre eux) de conditions agro-climatiques très favorables à la croissance des plantes.

Ces pays doivent être partie prenante des programmes de recherche internationaux sur ces sujets. Ces cultures énergétiques sont en effet susceptibles d'offrir de réelles opportunités pour les pays tropicaux dont les économies reposent essentiellement sur l'agriculture en favorisant l'intensification. Si la compétition pour l'usage des produits agricoles ou l'accès aux terres est potentiellement réelle (les prix en seront les arbitres), il est souhaitable qu'elle se traduise par une augmentation des prix des matières premières agricoles pour les agriculteurs notamment des pays tropicaux. Cela dépendra de notre capacité à élaborer et à mettre en place des modèles justes et équitables. Contrairement à certaines polémiques réductrices qui font actuellement le jeu des médias, c'est probablement l'un des enjeux majeurs des biocarburants de seconde génération. Si les biocarburants ne résoudront pas le problème des transports, ils font partie des solutions intéressantes à développer au côté des véhicules hybrides, de la capture et du stockage du CO₂. Pour y parvenir, chaque option nécessitera une combinaison de facteurs : une recherche plus forte et plus appliquée, une évolution radicale du contexte réglementaire, un soutien de l'opinion publique et des investissements. Dans la mesure où nos choix vont déterminer nos modes de vie et d'occupation de l'espace, les besoins en recherches pluridisciplinaires sont énormes car il faudra accepter de nouveaux paradigmes. Cependant, pour faire émerger rapidement de nouvelles options technologiques, il est fondamental d'investir massivement des moyens publics et privés dans la recherche, le développement et la démonstration de projet.

Références

Ballerini D., 2006. Les biocarburants- Etat des lieux, perspectives et enjeux du développement, IFP publications, Edition Technip.

Boerringer H., Den Uil H. & Calis H.P., 2002. Geen diesel from biomass via fischer-tropsch synthesis: new insights in gas cleaning and process design. Pyrolysis and gasification of biomass and waste. Expert meeting. Strasbourg, France.

Childress J., 2007. The Gasification Industry: 2007 Status & Forecast - Gasification Technologies Workshop in Indianapolis, IN- June 12-13, 2007.

Enguidanos M., Soria A., Kavalov B. & Jensen P., 2002. Technico-economic analysis of bio alcohol production in the EU: a short summary for decision makers. European Commission Joint Research Centre Report EUR 20280 EN.

Girard P. & Fallot A., 2006. Review of existing and emerging technologies for the production of

biofuels in developing countries in *Energy for Sustainable Development*, vol X, N°2, 2006, 33-49.

Hamelinck C.N., 2004. *Outlook for advanced biofuels*. Utrecht University ISBN: 90-393-3691-1.

IEA, 2004. *World Energy Outlook 2004*, IEA/OECD Publications, Paris.

Kavalov B. & Peteves S.D., 2005. *Status and perspectives of biomass to liquid fuels in the European union*. European Commission joint research centre ISPRA, ISBN 92- 894-9784-X.

Ouwens K.D., Francis G., Franken Y.J., Rijssenbeek W., Riedacker A., Foidl N. & Jongschaap R., 2007. *Position Paper on Jatropha curcas- State of the Art, Small and Large Scale Project Development FACT Jatropha seminar*.

Sun Y. & Cheng J., 2002. *Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review*. *Bioresource Technology*, 83, 1-11.

Van Thuijl E., Roos C.J. & Beurskens L.W.M., 2003. *An overview of biofuel technologies, markets and policies in Europe - ECN-C-008 January 2003*.

van Vliet O., Faaij A. & Turkenburg W., 2007. *Developments in Fischer-Tropsch diesel in a WTW chain perspective*. International Conference on Transport and Environment Milan, 2007

WWI, 2006. *Biofuels for Transportation: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century*. World Watch Institute, prepared for the German Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection in coordination with the German Agency for Technical Cooperation

<http://www.gasification.org>

<http://www.sasol.com>

<http://www.renew-fuel.com>

BIOFUELS WHAT ROLE IN SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT

Lew Fulton, International Energy Agency, Paris
Lew.FULTON@iea.org

To cut oil use and CO₂ emissions in transport, cutting travel growth and improving vehicle efficiency will be very important, but increased use of alternative fuels will also likely be necessary. There are basically three transport fuels that could be low CO₂ fuels: electricity, hydrogen and biofuels. In the near term, biofuels (e.g. ethanol and biodiesel) appear to be the most likely alternatives given their compatibility with existing vehicles.

The production of transport fuel from biomass, in either liquid or gaseous form, holds out the long-term promise of low net fossil-energy requirements, low life-cycle greenhouse gas emissions, competitive costs, and land-efficient production. However, current biofuels (e.g. ethanol from grains, biodiesel from oil seed crops) do these things rather poorly and there are many hurdles still to overcome to reach far better biofuels production practices.

It also remains unclear what level of biofuels production can be achieved globally on a sustainable basis in the near term or longer term (e.g. by 2050). Issues such as food security and land competition, the potential impacts of biofuels on water resources, ecosystems and their habitats, and other aspects of the environment, are becoming major concerns that could severely limit the role of biofuels if not fully addressed.

The successful development of advanced biofuels technologies, using non-food biomass feedstocks with efficient conversion and relatively low land requirements, could help overcome most barriers and achieve sustainable, very low CO₂, cost-effective biofuels. However even for such "second generation" biofuels, strong policies will be needed to ensure that their production is indeed sustainable and that the benefits associated with them are maximized and (societal) costs minimized.

Biofuels can be divided into a number of categories, including by type (liquid and gaseous) and by the feedstock or conversion process used (Table 1). Liquid biofuels such as ethanol and biodiesel are likely to dominate over gaseous fuels such as methane and hydrogen for many years, due to their better compatibility with internal combustion engine vehicles and existing infrastructure. The conversion process is classified according to whether it uses "first-generation" biofuels (*i.e.* those already under commercial production, based on food-crop feedstocks) or advanced-technology "second-generation" biofuels (mainly ligno-cellulosic feedstocks such as straw, bagasse, vegetative grasses and wood). There are also "third-generation" biofuels under development, including oils from algae and other alcohols such as bio-butanol (not included in the table).

The characteristics of the different types of biofuels vary substantially. Second-generation technologies hold the promise of high-yielding, low-GHG-emitting and sustainably produced liquid fuels derived from forest and agricultural residues and purpose-grown energy crops. It is likely that commercial production of second-generation biofuels to produce gasoline or diesel substitutes from a range of ligno-cellulosic feedstocks (using either thermochemical-based biomass-to-liquid technologies or biochemical-based pathways) will eventually complement and perhaps supersede current first-generation biofuels from grains and oil-seed crops.

Table 1: A Typology of liquid biofuels

Fuel	Feedstock***	Regions where currently mainly produced	GHG reduction impacts vs. petroleum fuel use	Costs	Biofuel yield per hectare of land	Land types
1st generation ethanol	Grains (wheat, maize)	US, Europe, China	Low-moderate	Moderate-high	Moderate	Croplands
	Sugar cane	Brazil, India, Thailand	High	Low-moderate	High	Croplands
2nd generation ethanol	Biomass (cellulose)	None used but widely available	High	High	Medium-high	Croplands, Pasture lands, Forests
1st generation biodiesel (FAME)	Oil seeds (oilseed rape, soybean,)	US, Europe, Brazil	Moderate	Moderate-high	Low	Croplands
	Palm oil	Southeast Asia	Moderate	Low-moderate	Moderate-high	Coastal lands, Forests
2nd generation biodiesel*	Any biomass (via F-T**)	None used commercially	High	High	Medium-high	Croplands, Pasture lands, Forests

*Also termed biomass-to-liquids (BtL). ** Fischer-Tropsch process converts gasified biomass (or coal) to liquid fuels via a hydrocarbon chain building process. *** A range of other crop feedstocks can also be used including sugar beet, cassava, jatropha, sunflower oil, sorghum, etc.

Transition to second-generation

In a situation analogous to the refining of oil to produce multiple, higher-value chemicals and plastics, it is recognized that second-generation biofuels are also likely to be produced in conjunction with a series of value-added by-products – including bio-chemicals and bio-materials, and other forms of bioenergy (e.g. electricity and heat). This would allow a more comprehensive “biorefining” of biomass to serve multiple purposes.

Success in the development of second-generation biofuel technologies will be dependent on a number of factors:

- Continuing strong public and private support for research and development around second-generation biofuels, with particular emphasis on developing links among industry, universities, and government. Policies should be part of a comprehensive strategy for bioenergy development, and should be harmonized with rural employment and agricultural assistance.
- Demonstration and pre-commercial testing of second-generation biofuel technologies. This could reduce the risks to investors and create a more likely environment for the participation of financial institutions.
- Development of concrete measures of environmental performance, including net energy balance and net greenhouse-gas emissions, water and ecosystems impacts, and other attributes. Such “scorecards” should be used to develop incentives for second-generation biofuel production. As part of this strategy, life-cycle assessment tools should

be further developed and used to confirm performance and to award credits to producers.

- A better understanding of the 127ingo-cellulosic biomass resources that could be utilized for second-generation biofuel production or bio-refinery applications. A full global mapping that helps identify optimal growing areas and promising non-crop sources (such as agricultural and forestry wastes) needs to be developed. Near-term successful Deployment of second generation technologies could trigger exploitation of biomass resources (such as forests) in an unsustainable manner without proper planning and management strategies.

Biofuels Production Scenarios

The IEA has developed a set of projections of costs and potential market penetration of the two major second-generation conversion technologies under development (enzymatic hydrolysis of cellulosic materials and gasification/F-T liquefaction) using a wide variety of biomass materials. Details will be published in May 2008, but here some summary numbers are provided. In different scenarios, different amounts of biofuels production are assumed possible (by 2050, in a cost-effective, sustainable manner). In one scenario requiring deep reductions in CO₂ from transport, up to 30 exajoules of 2nd generation biofuels are included in the IEA scenario (approximately 25% total transport fuel in 2050, in that scenario). A key question, of course, is whether such a large amount of biofuels could be produced sustainably, and with minimal disruption to food/feed/biomaterials supplies (and prices).

While it simply isn't yet clear to what extent 2nd generation biofuels could be produced in a manner that meets all the relevant criteria, we consider some of the land-use aspects below.

Table 2: Feedstock yield assumptions for land-use estimates

Table 2: Feedstock yield assumptions for land-use estimates					
Region–Biofuel	Feedstock	Yields, 2005 (l/ha)		Average improvement per year, 2005-2050	Resulting yields in 2050 (lge/ha)
		Nominal	Gasoline equivalent		
FIRST GENERATION BIOFUELS					
Europe – ethanol	Wheat	2 500	1 650	0.7%	2 258
Europe – ethanol	Sugar beet	5 000	3 300	0.7%	4 517
Europe – FAME biodiesel	Oilseed rape	1 200	1 080	0.7%	1 478
US/Canada – ethanol	Corn	3 000	1 980	0.7%	2 710
US/Canada – FAME biodiesel	Soybean/Oils eed rape	800	720	0.7%	986
Brazil – ethanol	Sugarcane	6 800	4 488	0.7%	6 143
Brazil – FAME biodiesel	Soybean	700	630	1.0%	986
Rest of world – ethanol	Sugarcane	5 500	3 630	1.0%	5 680
Rest of world – ethanol	Grain	2 000	1 320	1.0%	2 066
Rest of world – biodiesel	Soybean/ oilseed rape/ oil palm	1 000	900	1.0%	1 408
SECOND GENERATION BIOFUELS					
World – ethanol	Ligno- cellulose	4 300	2 838	1.3%	5 075
World – Btl. biodiesel	Biomass	3 200	2 880	1.3%	5 150

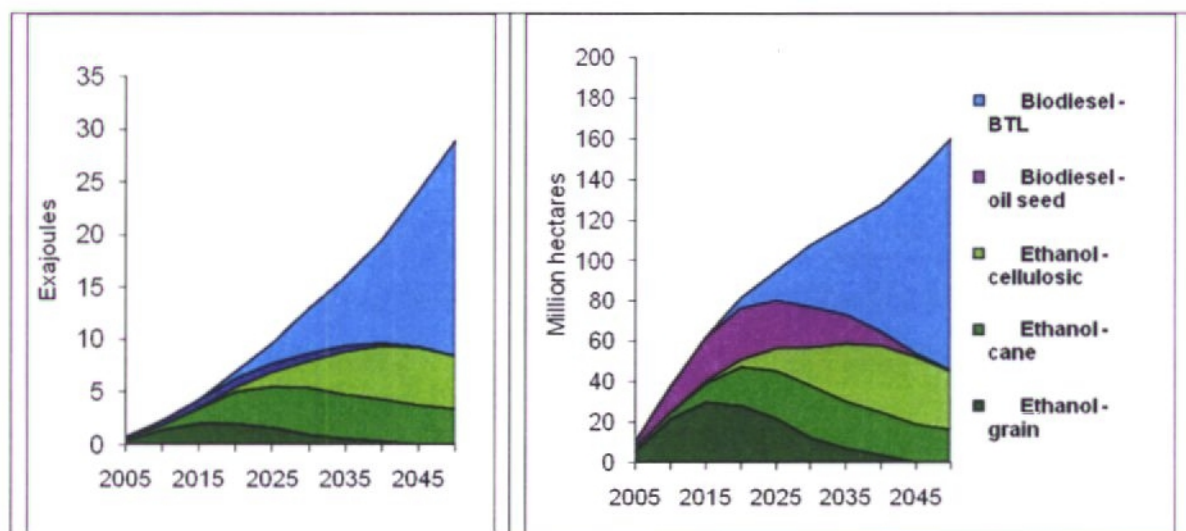
Sources: IEA data taken from various reports. Note: FAME = Fatty acid methyl ester.

The IEA has estimated current and future biofuel yields by feedstock type and region, based on various estimates of yields and land requirements in recent literature (Table 2).

These point estimates are rough averages – there are wide variations in yields for any given fuel/feedstock combination, depending on location and year. None-the-less, these averages reveal significant variation in yield estimates across the various feedstocks, fuels and locations considered. Brazilian sugarcane-to-ethanol has the highest yield, whereas United States and European biodiesel from soybean and oilseed rape are lowest. The more intensively biofuels are produced in regions with soils and climates that support high-yield feedstocks and approaches, the less total land will be required to produce a given amount of fuel. On the other hand, some of the highest yielding land is also excellent land for food crops, so land competition for different uses becomes a concern.

Putting these yield estimates together with the projected future demand for biofuels in the IEA scenario, the estimated land area that will be required to produce the biofuels is shown in Figure 1.

Figure 1: Demand for biofuels and land requirements in the scenario



Source :IEA, 2008

In this scenario, by 2050, about 160 Mha of land would be needed to produce the volumes of biofuel required to meet the assumed biofuel demand. This represents around 3 % to 4 % of the 6 billion hectares of agricultural area in use around the world today. Though this is a small share, if production were concentrated in certain countries and regions, particularly if in important food-producing areas, it could have substantial impacts in terms of crop displacements and other land-use changes. For example, rapid increases in the production of biofuels in the United States and the European Union in recent years appear to have contributed to rises in prices of certain agricultural commodities (such as corn in the United States and rapeseed oil in the European Union) as competition for crops and land has increased.

These estimates neglect the possibility of producing biofuels (particularly 2nd generation biomass-based fuels) from non-crop sources such as agricultural, forestry, and other waste biomass. Clearly the (sustainable) use of such waste feedstocks would have the major advantage of causing few impacts on land use. There will also be major advantages to producing biofuels from feedstocks (such as grasses and trees) that can be grown on "marginal" lands and other land that is not in competition with crops that provide other key products such as food and feed. The more that feedstocks can be derived from such sources, the lower the pressure on other agricultural land will be.

This paper merely “scratches the surface” in terms of considering land use issues and the potential for sustainable production of biofuels. Far more research will be needed on land use trade-offs and optimal approaches to producing biofuels and sources for feedstocks. However, a few summary points can be made:

- Second generation biofuels (and to some degree, cane ethanol) may prove inherently far more sustainable than current first generation, given their relatively high yields per hectare, ability to be sourced from waste products and grown in marginal lands (not true for cane) and inherently low CO₂ emissions during production (apart from possible land use change effects).
- Since location of feedstock production appears critical to land impacts on land competition, it will be critical to figure out the optimal locations for such feedstock production, and to ensure that these areas are prioritized. However this implies a global effort and some sort of cooperative enforcement of any such plans. Current levels of cooperation and governance regarding biofuels is very low, and it is not at all clear how we can transition from current practices to this “alternative paradigm”
- While trade in biofuels may ultimately help to optimize the global system (allowing biofuels to be grown in optimal areas and moved to demand centres), trade will NOT help to do this until systems are in place as described in the previous bullet. If trade expands with no safeguards, the negative effects of biofuels may simply expand with production, in an uncontrolled fashion.

Given the many uncertainties associated with the use of biofuels and their impact on the environment and our agricultural systems, it is important to manage these changes very carefully and to seek the most environmentally friendly and least land-intensive approaches. Sustainably produced second-generation biofuels will be essential if we are to shift towards a sustainable transport system at reasonable cost. Ligno-cellulosic feedstocks can come from crop and forest residues, or they can be cultivated on marginal or degraded land – thereby avoiding competition with food production. But to achieve this, biofuels policies will have to be well designed, co-ordinated internationally and be integrated with agricultural and forestry policies.

References

IEA, 2006. World Energy Outlook 2006, IEA/OECD Publications, Paris.

IEA, 2008. Energy Technology Perspectives 2008, in support of the G8 Plan of Action, Scenarios and Strategies to 2050, IEA/OECD Publications, Paris.

REFERENCES

- Aboucaya A., Jauzein M., Vinciguerra L. & Virevaire M., 2000. *Plan national d'action pour la conservation des plantes messicoles. Rapport final*. Conservatoires botaniques nationaux, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, 50 p. + annexes.
- ADEME-DIREM, 2002. Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production des biocarburants en France. Note de synthèse d'après les travaux d'Ecobilan PricewaterhouseCoopers, [http :www.ademe.fr/partenaires/agrice/publications/documents_français/synthese_bilans_energetiques_fr.pdf](http://www.ademe.fr/partenaires/agrice/publications/documents_français/synthese_bilans_energetiques_fr.pdf)
- AEE, 2007. Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture, Copenhagen.
- ASCA, 2008. Elaboration de scénarios contrastés d'usages des sols agricoles associés aux agrocarburants, Paris.
- Aubert C., 2004. Consommation alimentaire : l'inconnue chinoise, in Demeter 2005, Economie et stratégies agricoles, Club Demeter, septembre.
- Babillot P., 1996. Régression des milieux naturels: 25 % des prairies ont disparu depuis 1970. *Les données de l'environnement*, **25**, 1-4.
- Ballerini D., 2006. Les biocarburants- Etat des lieux, perspectives et enjeux du développement, IFP publications, Edition Technip.
- Bordet J., Michez J.-M. & Gilot A., 2006. Mise en œuvre du plan biocarburant au regard de la protection de la ressource en eau. Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux (CGAAER) et Inspection générale de l'environnement (IGE), Paris
- Boardman N.K., 1976. Biological conversion of solar energy: An assessment of its potential contribution to our energy requirements, in Annual Engineering Conference 1976: Engineering 1976-2001, pp 6-10, Barton, ACT: Institution of Engineers, Australia, 1976.
- Commission Européenne, 2008. China: Out of the Dragon's Den ?, Monitoring Agri-trade Policy n°01-08, mai.
- Cormeau J. & Gosse G., 2007. Biocarburants de deuxième génération: Semer aujourd'hui les carburants de demain, in Demeter 2008 – économie et stratégies agricoles-, pp. 225-302 Club Demeter, 2007, Paris.
- Crutzen P.J., Mosier A.R., Smith K.A. & Winiwarter W., 2007; N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atm. Chem. Phys. Discuss.*, **7**, 11191-11205
- Dalmas J.P. (Eds.), 1997. *Faut-il sauver les mauvaises herbes ?* Actes du colloque de Gap, 9-12 juin 1993. Conservatoire botanique national de Gap-Charance, 270 p.
- Davis M., 2006; *The Planet of Slums*, Verso, London. Traduction française: *Le pire des mondes possibles- de l'explosion urbaine au bidonville global*, La Découverte, Paris.
- De Sadeleer N., 2002; *Environmental Principles- from political slogans to legal rules*, Oxford

University Press.

Decourtaye A., Lecompte P., Pierre J., Chauzat M.-P. & Thiébau P., 2007. Introduction de jachères florales en zone de grandes cultures : comment mieux concilier agriculture, biodiversité et apiculture ? *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, **54**, 33-56.

Delpech R., 1989. Espèces rares ou menacées des prairies et pâturages de France, nature des menaces, mesures conservatoires à envisager. Actes du colloque de Brest, 8-10 octobre 1987 « *Plantes sauvages menacées de France. Bilan et protection* », Conservatoire botanique de Brest, AFCEV, Bureau des ressources génétiques, pp. 403-410.

Donner S.D. & Kucharik C.J., 2008. Corn-based ethanol production compromises goal of reducing nitrogen runoff by the Mississippi river, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **105**, 4513-4518.

Doornbosch R. & Steenblik R., 2007. Biofuels : Is the cure worse than the Disease ?, OCDE, Paris.

Enguidanos M., Soria A., Kavalov B. & Jensen P., 2002. Technico-economic analysis of bio alcohol in the EU : a short summary for decision makers, European Commission Joint Research Centre Report EUR 20280 EN.

FAO, 2007, Rural Income Generating Activities : A Cross Country Comparison, Roma.

Fargione F., Hill J., Tillman D., Polasky S. & Hawthorne P., 2008. Land-clearing and the biofuel debt. *Science*, **319**, 1235-1238.
www.sciencemag.org/cgi/content/full/1152747/DCI

Fischer G., Van Velthuizen H. & Nachtergaele F., 2000. Global Agro-Ecological Zones Assessment: Methodology and Results, Interim Report IR-00-064, IIASA et FAO, Rome

Germon J.C *et al.* (2003) Les émissions du protoxyde d'azote d'origine agricole. *Etude et Gestion des Sols*, **10**, 215-226.

GIEC, 2003. Bilan 2001 des changements climatiques- rapport de synthèse, contribution des groupes de travail I, II et III au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques, OMM & PNUE, Genève.

Girard P. & Fallot A., 2006. Review of existing and emerging technologies for the production of biofuels in developing countries. *Energy for Sustainable Development*, volume X, N°2 (June), 33-49.

Hamelinck C.N., 2004. Outlook for advanced biofuels, Utrecht University.

IEA, 2004, World Energy Outlook 2004, IEA/OECD Publications, Paris.

IEA, 2006, World Energy Outlook 2006, IEA/OECD Publications, Paris.

IEA, 2008, World Energy Outlook 2008, IEA/OECD Publications, Paris.

IEA, 2008. Energy Technology Perspectives 2008, in support of the G8 Plan of Action, Scenarios and Strategies to 2050, IEA/OECD Publications, Paris.

Institut de l'élevage, 2007. Les agrocarburants et l'élevage- Atout ou menace pour les

ruminants ? *Dossier Économie de l'élevage*, Décembre 2007, **373**

IPCC, 1992. Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments.

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

IPCC, 2000. Land Use, Land Use Change, and Forestry, Special report, Cambridge University Press.

<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports.htm>

IPCC, 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories.

IPCC, 2007. Climate Change 2007, Working Group I Report, Impacts, Adaptation & Vulnerabilities, Cambridge University Press

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

IPCC, 2007. Climate Change 2007, Working Group III Report, Mitigation of Climate Change, Cambridge University Press.

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

Jauzein P., 2001. L'appauvrissement floristique des champs cultivés. *Dossier de l'environnement de l'INRA*, **21**, 65-78.

Julliard R & Jiguet F., 2002. Un suivi intégré des populations d'oiseaux communs en France. *Alauda*, **70**, 137-147.

Koplow, D., 2006, Biofuels - At What Cost ? Gouvernement Support for Ethanol and Biodiesel in the United States, Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Genève et Winnipeg.

Kutas, G., Lindberg, C. & Steenblik, R., 2007. Biofuels - At What Cost ? Gouvernement Support for Ethanol and Biodiesel in the EU, Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Genève et Winnipeg.

Marceau G., & Trachtman J.P., 2002. The technical barriers to trade agreement, the sanitary and phytosanitary measures agreement, and the general agreement on tariffs and trade. *Journal of World Trade*, **36**, 811-881.

Marshall L., 2007. Thirst for Corn: What 2007 plantings could mean for the environment. WRI Policy Note- Energy: Biofuels N°2, World Resources Institute, Washington, DC.

Métais M., 2007. Pour le maintien de la jachère ! *L'écologiste*, **23**, 8.

Muller S., 1997. Déterminisme et évolution de la biodiversité dans les écosystèmes prairiaux. *Acta Botanica Gallica*, **143**, 233-238.

OCDE-FAO, 2008. Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2008-2017, Publications de l'OCDE.

ODU, 2008. Biofuels and development : Will the EU help or hinder ?, www.odi.org.uk

OECD, 2008. Report on Economic Assessment of Biofuel Support Policies, Paris.

ONIGC, 2007. Biocarburants 2010 : quelles utilisations des terres en France, octobre 2007.

Poux X. & Chevillotte G., 2008. Elaboration de scénarios contrastés d'usages des sols

agricoles associés aux agrocarburants, AscA, Paris.

Rosegrant M.W., 2008. Biofuels and Grain Price: Impacts and Policy Responses, IFPRI, may.

Sachs I., 2007. The Biofuels Controversy, UNCTAD, New York.

Searchinger T., Heimlich R., Houghton R.A., Dong F., Elobeid A., Fabiosa J., Tokgoz S., Hayes D. & Yu T., 2008. Use of US croplands for biofuels increases greenhouses gases through emissions from land-use change. *Science*, **319**, 1238-1240.
www.sciencemag.org/cgi/content/full/1151861/DC1

SCEES, 2008. Développement des cultures énergétiques à l'horizon 2015 : quelles marges de manoeuvre pour les productions ? *Agreste Primeur*, **206**, janvier 2008.

Smil, V. 2003, Energy at the Crossroads, MIT Press, Cambridge, Ma.

Sourie J.-C., Treguer D. & Rozakis S., 2005. L'ambivalence des filières biocarburants. INRA Sciences sociales, Recherches en économie et en sociologie rurales, n°2.

Steenblik R. & Simon J., 2007. Biofuels - At What Cost ? Gouvernement Support for Ethanol and Biodiesel in Switzerland, Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Genève.

Tollefson J., 2008. Not your father's biofuels. *Nature*, **451**, 880-883.

UNFPA, 2007. The UNFPA report State of the World Population 2007- Unleashing the Potential of Urban Growth , New York.

Van den Bossche P., Schrijver N. & Faber G., 2007. Unilateral measures addressing non-trade concerns: a study on WTO consistency, relevance of other international agreements, economic effectiveness and impact on developing countries of measures concerning non-product-related processes and production methods - The Hague : Ministry of Foreign Affairs.

Van Thuijl E., Roos C.J. & Beurskens L.W.M. , 2003. An overview of biofuels technologies, markets and policies in Europe, ECN-C-008.

Vianna J.N., Wehrmann M.E.S. & Duarte L.M.G., 2007, in Nascimento E.P. & Vianna J.N. (sous la direction de) Dilemas e desafios do desenvolvimento sustentavel no Brasil, Garamond Universitaria, 2007, Rio de Janeiro.

Wall, J. D., Harwood, C. S. & Demain, A., 2008, Bioenergy, ASM Press, Herndon, Va.

WWI, 2006. Biofuels for Transportation: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st. Century, World Watch Institute, prepared for the German Ministry of Food, Agriculture and Consumer protection in coordination with the German Agency for Technical Cooperation.

ANNEXE A

Avis

Conseil scientifique pour la protection de la nature et de la biodiversité, (CSPNB), janvier 2007.

**Conseil scientifique de l'agence européenne de l'environnement, (AEE),
22 mars 2008**



La culture d'agrocarburants¹⁰³ : nécessité d'une évaluation environnementale globale

En septembre 2004, le gouvernement français a lancé un plan de développement des biocarburants industriels afin d'atteindre l'objectif de 5,75 % d'incorporation de biocarburants à l'horizon 2010 conformément à la « directive biocarburants » (2003/30/CE). La loi d'orientation agricole du 5 janvier 2006 fixe comme nouveaux objectifs d'atteindre un seuil de 5,75 % pour l'année 2008 et non en 2010, de 7 % en 2010 et 10 % en 2015. Ces objectifs vont au-delà des engagements communautaires et accélèrent la mise en œuvre du plan de développement des biocarburants industriels.

Le ministère de l'agriculture estime que l'objectif 2008 correspond à la mobilisation de la production d'environ 2 millions d'hectares en oléagineux, blé et betterave. Ceci correspond à environ 15 % de la surface actuelle en céréales, oléo-protéagineux, betteraves et jachères PAC, ces dernières couvrant actuellement 1,3 millions d'hectares à elles seules.

L'ampleur de ce plan au regard des surfaces concernées amène le CSPNB à s'interroger sur ses impacts potentiels sur la biodiversité associée à l'agriculture. La préservation de la biodiversité dépend en effet de la présence au sein des agro-écosystèmes d'espaces non cultivés allant de prairies permanentes aux jachères non cultivées, ce qui exclut de fait les « jachères industrielles ». Or, le développement des agrocarburants est susceptible de remettre en cause ces espaces, et cela à différents niveaux d'organisation du paysage. En sus de la modification des structures paysagères associées à l'agriculture, la culture des agrocarburants à grande échelle dans les régions productrices pose la question générale des pollutions entraînées (nutriments et produits phytosanitaires) et de leurs retombées dans les chaînes trophiques.

Le CSPNB est conscient de l'importance et de l'urgence de prendre en charge les enjeux du changement climatique. Mais il constate également que le plan biocarburants a été conçu et promu sans étude d'impact global préalable, notamment en ce qui concerne son impact potentiel sur la biodiversité et la qualité des eaux. Or, les bénéfices attendus en termes de bilan énergétique et de réduction d'émission de gaz à effet de serre doivent être mis en regard de cet impact sur les différentes composantes de l'environnement. Il convient en effet que ce programme ne porte pas préjudice à la mise en œuvre de la stratégie nationale sur la biodiversité et ne mette pas en cause l'atteinte du bon état écologique, objectif de la directive cadre sur l'eau.

Le CSPNB recommande d'appréhender les différents niveaux d'analyse du problème. En particulier, les effets de transferts d'impact doivent être pris en compte. D'une part, la non mise

¹⁰³ Le terme « agrocarburant » est préféré (sauf référence au plan gouvernemental) à celui de « biocarburant » pour éviter la confusion avec la culture « bio ».

en cultures d'éthanol en Europe risquerait d'entraîner une importation d'éthanol en provenance du Brésil, et cela aux dépens de la forêt tropicale (transferts d'impacts « horizontaux »). D'autre part, une réduction limitée des impacts du changement global ne justifie pas des pertes irréversibles de biodiversité ou de ressource en eau à des niveaux plus locaux (transferts d'impacts « verticaux »). Des effets de seuil doivent ainsi être définis, qui garantissent la compatibilité de la production de biomasse avec d'autres qualités environnementales, à l'instar de l'approche de l'Agence Européenne de l'Environnement dans son rapport « *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?* ». Pour la France, concernant toutes les cultures de biomasse énergétique (y compris les filières ligno-cellulosiques), ce rapport estime à 536 000 le nombre d'hectares pouvant être dévolus à la culture de d'agrocarburants sans impact majeur sur l'environnement, à l'horizon 2010.

Le CSPNB rappelle également que la production d'agrocarburants selon les filières industrielles éthanol (blé et betterave) et ester (colza) n'est qu'une option parmi d'autres dans la production de biomasse renouvelable. Plus fondamentalement, il insiste sur le fait que les économies d'énergie en amont doivent constituer une démarche prioritaire. A cet égard le développement d'une filière « Flex fuel » alimentée en éthanol à 85 % pourrait, si la défiscalisation était trop importante, créer une incitation à l'achat de véhicules peu économes rendant ainsi un tel plan particulièrement contre-productif.

Il est donc essentiel d'éclairer un débat fondamental, qui engage les principaux enjeux environnementaux auxquels sont confrontés les décideurs politiques et l'ensemble des acteurs socio-économiques. Dans cette perspective, le CSPNB recommande de lancer un programme d'étude abordant l'ensemble des enjeux environnementaux associés à la stratégie de développement des agrocarburants. Une telle étude devra répondre à au moins trois exigences :

-Le bilan environnemental sera global : il prendra en effet en compte l'ensemble des aspects environnementaux, et non seulement les analyses en termes de bilan énergétique ou d'émission de gaz à effet de serre¹⁰⁴ sur lesquelles se concentrent habituellement les études associées aux agrocarburants. La préservation de la biodiversité, l'usage de pesticides et d'engrais et l'eau seront au cœur de l'étude d'impact visée. Il conviendra en particulier d'analyser avec le plus grand soin les éventuelles conséquences du projet sur la quantité et la qualité des eaux. Devront donc être impérativement définis des critères de compatibilité entre la protection de l'environnement et l'agriculture à finalité énergétique.

- L'étude sera systémique : l'intégralité des impacts du développement des filières concernées devra être considérée et évaluée, en relation avec les pressions exercées sur les milieux et les écosystèmes. Les conditions de maîtrise des impacts négatifs et d'optimisation des bénéfices attendus seront identifiées. Une attention particulière sera portée à l'organisation des paysages, aux changements d'utilisation des terres et aux techniques de production. Les scénarios de développement des agrocarburants (recours à l'intensification, aux jachères ou à la substitution des cultures alimentaires) seront comparés aux scénarios alternatifs comparables en matière de lutte contre le changement climatique (biomasse ou non). Les considérants technico-économiques et politiques de chacun des scénarios seront considérés de manière centrale. L'analyse portera également sur les alternatives et les opportunités en fonction du prix du pétrole, des matières premières agricoles et des recherches sur les agrocarburants de 2^{ème} génération. Elle prendra en compte les incitations publiques et les réponses territoriales. Même si l'utilisation du bois pour la fabrication de carburants n'est

¹⁰⁴ Toute étude doit être complète et ne pas se limiter au seul CO₂, il ne faut pas exclure que les émissions de protoxyde d'azote ne viennent compenser les économies de dioxyde de carbone en termes d'impact sur l'effet de serre.

encore qu'à l'étude, une valorisation de la filière bois devra être étudiée.

- L'étude considèrera différentes échelles, à la fois dans le développement des agrocarburants (Région, France, Europe, Monde) et dans la mise en perspective des impacts environnementaux. Ce point est essentiel pour éviter d'occulter les transferts d'impacts.

Devant l'importance et l'urgence des enjeux, le CSPNB souhaite qu'une telle étude d'impact soit engagée sans tarder et qu'elle soit conduite dans un souci d'amélioration du processus de décision, car la lutte contre le changement climatique ne doit évidemment pas se faire aux dépens de la préservation à long terme de la biodiversité et de la qualité des eaux.

Janvier 2007

Créé par arrêté du 26 mars 2004, le Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité (CSPNB), est placé auprès du ministre chargé de l'environnement. Le CSPNB est chargé d'une fonction de veille, de conseil, d'alerte et de réflexion prospective sur l'ensemble des questions scientifiques concernant le patrimoine naturel terrestre et aquatique (eaux douces ou marines), qu'il s'agisse de paysages, d'écosystèmes, d'espèces ou de génomes. Le CSPNB émet des avis scientifiques destinés à éclairer les choix politiques, à la demande du ministre chargé de l'environnement. Il peut également s'auto-saisir, par décision consensuelle de ses membres. Il peut, en tant que de besoin, se réunir en formation spécialisée et faire appel à des experts extérieurs au Conseil.

**Opinion of the EEA scientific committee on
the environmental impacts of biofuel utilisation in the EU**

Greenhouse gas emissions from the transport sector are rising steadily, caused by the continuing growth of transport volume. More than 90% of the total transport emissions are due to road transport. Policies and measures have so far not been sufficient to stop further emission growth.

Owing to the increasing urgency of these problems, mandatory biofuel quotas have been introduced in the expectation that in the medium term the growth in transport emissions can be reduced and that the emissions can be subsequently stabilised. In 2003, the Biofuels Directive set the objective of replacing 2% of vehicle fuel supply by 2005 and 5.75% by 2010. The 2005 target was not met and it seems unlikely that the 2010 target can be reached. Nevertheless in 2007 the EU target for biofuels was increased to an ambitious 10% level by 2020, under the conditions of production being sustainable and second generation technologies being commercially available.

Despite the fact that the first targets were missed, the pace of biofuel production in the EU and of biofuel imports from third countries is picking up. This gives rise to increasing concern by the Scientific Committee regarding additional environmental pressures inside and outside the EU. Our concerns can be summarised as follows:

- Biofuel production based on first generation technologies does not optimally use biomass resources with regard to fossil energy saving and to greenhouse gas reduction. Technologies for direct heat and electricity generation should be preferred because they are more economically competitive and more environmentally effective than biofuel production for vehicles.
- Biomass utilisation implies combustion of very valuable and finite resources from our living environment. These resources ought to be preserved wherever possible. Therefore biomass utilisation must necessarily go hand in hand with energy efficiency improvements. This is not yet the case for the majority of applications in the automotive and residential sectors.
- The EEA has estimated the amount of available arable land for bioenergy production without harming the environment in the EU (EEA Report No 7/2006). In the view of the EEA Scientific Committee the land required to meet the 10% target exceeds this available land area even if a considerable contribution of second generation fuels is assumed. The consequences of the intensification of biofuel production are thus increasing pressures on soil, water and biodiversity.
- The 10% target will require large amounts of additional imports of biofuels. The accelerated destruction of rain forests due to increasing biofuel production can already be witnessed in some developing countries. Sustainable production outside Europe is difficult to achieve and to monitor. The overambitious 10% biofuel target is an experiment, whose unintended effects are difficult to predict and difficult to control. Therefore the scientific committee recommends suspending the 10% goal; carrying out a new, comprehensive scientific study on the environmental risks and benefits of biofuels; and setting a new and more moderate long-term target, if sustainability cannot be guaranteed.

EEA Scientific Committee

ANNEXE B

Productions mondiales et échanges nets d'agrocarburants pour les filières essence et diesel : estimations entre 2005 et 2007, projections en 2017

Les estimations des secrétariats de l'OCDE et de la FAO ont été publiés dans Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2007-2016.

Elles ont été établies en prévoyant une légère remontée du cours du dollar américain par rapport à l'euro et avant les décisions d'incorporation d'agrocarburants des Etats-unis à l'horizon 2022 et de l'Union européenne à 2020.

Tableau : Productions mondiales d'AC éthanol : estimations des productions entre 2005 et 2007, projections en 2017

	Production (mil l)				Consommation (mil l)				Utilisation carburant (mil l)				Part dans l'utilisation de l'essence (%)				Échanges nets (mil l)				
	Moyenne 2005-07 est.	2008	2017	Croissance ^a (%) 2008-17	Moyenne 2005-07 est.	2008	2017	Croissance ^a (%) 2008-17	Moyenne 2005-07 est.	2008	2017	Croissance ^a (%) 2008-17	Part en énergie		Part en Volume 2017	Moyenne 2005-07 est.	2008	2017	Croissance ^a (%) 2008-17		
													Moyenne 2005-07 est.	2008						2017	Croissance ^a (%) 2008-17
Amerique du Nord																					
Canada	762	1 383	2 730	5.05	939	1 608	2 983	5.83	735	1 400	2 757	6.34	1.26	2.34	4.07 ^b	4.98	5.96	-178	-224	-253	-24.50
Etats-Unis	21 478	38 394	52 444	3.06	22 713	38 880	57 544	3.79	21 094	37 228	55 827	3.91	2.63	4.55	6.03	2.55	8.74	-1 235	-486	-5 100	0.00
Europe de l'Ouest																					
UE27	2 049	4 402	11 883	10.53	4 649	7 297	14 707	7.37	2 127	4 748	11 962	9.58	1.00	2.19	4.88	8.22	7.11	-1 783	-2 895	-2 824	0.00
Pays d'Océanie développés																					
Australie	63	156	1 004	12.52	63	156	1 004	12.52	63	156	1 004	12.52	0.22	0.54	3.30	11.82	4.84	0	0	0	0.00
Autres pays développés																					
Japan	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-568	-825	-1 475	0.00
Afrique du Sud	410	369	683	6.32	99	134	527	8.32	0	0	367	32.98	0.00	0.00	1.87	-21.92	2.77	310	235	156	26.72
Afrique sub-saharienne																					
Ethiopie	33	38	74	8.27	33	34	39	1.32	0	1	6	13.36	0.00	0.34	0.67	5.01	1.00	4	4	35	28.25
Mozambique	21	24	28	2.00	22	23	28	2.46	0	1	5	22.20	0.00	0.34	1.86	17.89	2.75	-1	1	0	-1.39
Tanzanie	26	29	43	4.28	30	35	51	4.07	0	5	18	14.96	0.00	1.01	2.54	10.07	3.75	-4	-6	-8	1.27
Amerique latine et Caraïbes																					
Bresil	17 396	22 110	40 511	6.36	14 595	18 806	31 694	5.90	13 499	17 641	30 289	6.11	32.31	40.43	56.62	3.83	66.08	2 801	3 304	8 816	8.45
Colombie	272	497	796	5.58	303	472	506	0.79	268	435	460	0.65	3.34	5.21	4.99	-0.43	7.27	-31	25	290	28.67
Pérou	16	22	40	5.29	11	14	19	3.77	0	2	2	0.37	0.00	0.16	0.19	2.33	0.29	5	8	21	7.25
Asie et Pacifique																					
Chine	5 564	6 686	10 210	4.29	4 998	5 775	10 792	6.44	1 565	2 139	6 211	10.71	1.66	1.98	4.03	6.90	5.89	566	910	-583	-71.15
Inde	1 411	1 909	3 574	7.32	1 678	1 958	3 192	5.59	267	416	1 059	10.86	1.73	2.65	5.61	8.83	8.15	-267	-49	383	55.91
Indonésie	177	212	227	0.70	147	153	171	1.27	0	4	5	1.30	0.00	0.02	0.01	-2.69	0.02	30	59	56	-0.92
Malaisie	63	70	84	2.15	97	84	105	2.47	0	4	7	5.53	0.00	0.02	0.02	-0.78	0.03	-34	-14	-20	0.00
Philippines	62	105	126	1.98	109	147	170	1.58	17	50	50	0.00	0.24	0.70	0.53	-3.06	0.79	-47	-42	-44	0.00
Thaïlande	285	408	1 790	18.90	266	366	1 530	15.96	134	229	1 374	19.80	1.26	2.08	11.70	19.09	16.51	19	42	260	37.81
Turquie	55	77	81	0.39	103	119	128	0.85	43	58	63	0.94	0.62	0.87	1.15	3.17	1.70	-48	-42	-48	0.00
Vietnam	140	164	532	13.90	134	139	164	1.85	0	0	0	0.70	0.00	0.00	0.00	-10.52	0.00	6	25	368	28.01
TOTAL	50 284	77 054	126 860	5.12	50 991	76 200	125 355	5.11	39 811	64 517	111 467	5.58	3.78	5.46	7.63	3.30	10.98	-454	30	30	0.00

a) Taux de croissance des moindres carrés.

b) Correspond à 5 % des ventes nets pour les véhicules routiers automobiles

est.: estimation, n.d.: Non disponible.

Source : Secrétariats de l'OCDE et de la FAO.

Tableau : Productions mondiales d'AC diesel : estimations des productions entre 2005 et 2007, projections en 2017

	Production (mil l)				Consommation (mil l)				Part dans l'utilisation du diesel (%)				Échanges nets (mil l)				
	Moyenne 2005-07 est.	2008	2017	Croissance ^a (%) 2008-17	Moyenne 2005-07 est.	2008	2017	Croissance ^a (%) 2008-17	Part en énergie				Part en volume 2017	Moyenne 2005-07 est.	2008	2017	Croissance ^a (%) 2008-17
									Moyenne 2005-07 est.	2008	2017	Croissance ^a (%) 2008-17					
Amérique du Nord																	
Canada	46	207	660	11.41	46	223	664	12.36	0.22	1.05	2.78	11.00	3.45	0	-15	-4	-5.66
États-Unis	1 429	2 017	1 731	-2.22	852	1 476	1 638	1.67	0.28	0.47	0.46	0.31	0.58	577	541	93	-23.29
Europe de l'Ouest																	
UE27	5 095	6 580	13 271	6.64	5 436	7 825	14 843	5.57	2.12	2.98	4.99	4.21	6.17	-341	-1 245	-1 572	0.00
Pays d'Océanie développés																	
Australie	199	911	994	0.96	199	911	994	0.96	1.82	8.21	8.15	-0.08	0.00	0	0	0	0.00
Autres pays développés																	
Afrique du Sud	0	0	0	-0.11	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	-0.11
Afrique sub-saharienne																	
Ethiopie	2	6	36	18.50	2	2	23	22.41	0.00	0.16	0.80	14.07	1.00	0	4	13	13.92
Mozambique	1	3	34	24.72	1	2	14	22.20	0.00	0.40	2.21	17.86	2.75	0	1	19	26.93
Tanzanie	4	10	53	17.86	4	8	36	16.86	0.16	0.80	2.62	12.75	3.25	0	2	17	20.41
Amérique latine et Caraïbes																	
Bésil	158	760	2 519	10.80	158	650	2 603	15.25	0.29	1.15	3.61	12.54	4.47	0	110	-84	-80.04
Colombie	10	218	388	6.09	0	159	229	4.02	0.00	4.04	5.29	2.99	6.52	0	59	160	9.76
Pérou	0	0	0	-0.12	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	-0.12
Asie et Pacifique																	
Inde	277	317	385	2.14	277	318	388	2.21	0.59	0.88	0.88	0.00	1.10	0	0	-3	0.00
Indonésie	241	753	2 984	15.45	47	129	2 169	32.30	0.28	0.66	7.88	28.52	9.66	168	624	815	1.84
Malaisie	148	443	1 137	10.15	0	43	143	13.16	0.40	0.43	0.80	6.87	1.00	148	400	994	9.80
Philippines	0	0	85	51.42	0	7	88	26.10	0.00	0.08	0.80	23.06	1.00	0	-7	-3	0.52
Thaïlande	0	48	75	2.30	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	48	75	2.30
Turquie	0	0	0	-0.14	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	-0.14
Vietnam	0	0	5	30.43	0	2	3	4.67	0.00	0.02	0.02	-6.55	0.02	0	-2	1	9.81
TOTAL	7 610	12 274	24 357	6.66	7 023	11 753	23 836	6.86	0.93	1.50	2.59	5.03	3.21	552	521	521	0.00

a) Taux de croissance des moindres carrés.

est.: estimation.

Source : Secrétariats de l'OCDE et de la FAO.

ANNEXE C

Les huiles végétales pures (HVP) en France

La loi d'orientation agricole du 5 janvier 2006 autorise depuis le 1^{er} Janvier 2007 l'utilisation et la commercialisation des HVP comme carburant agricole ou comme carburant de pêche. Les deux décrets d'application de ces dispositions ont été publiés par le Ministère en charge du Budget.

La loi de finances rectificative pour 2006 a introduit des dispositions autorisant, dans le cadre de protocoles expérimentaux, l'utilisation d'HVP dans certains véhicules dépendant des collectivités territoriales. La mise en œuvre de ces mesures a nécessité une réécriture d'un des deux décrets susmentionné, de la compétence de la Direction générale des douanes et droits indirects. La parution de ce nouveau décret (n° 2008-93 du 29 janvier 2008 modifiant le décret n° 2006-1574 du 11 décembre 2006) est intervenue au JORF du 31 janvier 2008.

A ce jour, on compte 17 entrepôts fiscaux de produits énergétiques.

Au niveau technique, les recommandations, prévues par l'article 49.III de la LOA, concernant les méthodes de production des HVP et l'utilisation des tourteaux produits à cette occasion, ont été publiées au bulletin officiel n°38 du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (MAP) du 22 septembre 2006 et sont disponibles sur le site internet du MAP.

En 2006, la production d'HVP destinées à la carburation a concerné environ 2500 agriculteurs pour une production évaluée à plus de 7 000 tonnes. Pour l'année 2007, cette même production devrait être de l'ordre de 8 000 tonnes.

Cependant, des incertitudes de nature technique et environnementale liées à l'usage des HVP doivent être levées qui justifient de préciser les spécifications techniques des HVP notamment au plan de la combustion et de l'impact sur les émissions polluantes notamment au plan de la combustion et de l'impact sur les émissions polluantes. Tel est l'objet de l'accord cadre conclu en 2006 pour 3 ans entre l'ADEME et la FNCUMA qui vise à acquérir des références sur la qualité des huiles (spécifications, suivi de consommation, niveau des émissions) permettant de définir des valeurs et des seuils susceptibles d'être retenus dans le cadre d'une normalisation au niveau national et communautaire.

Au 28 Mai 2008, l'usage des HVP dans les flottes des collectivités territoriales a donné lieu à la signature de 6 protocoles d'expérimentation: Communauté de Lons-le-Saunier, Communauté de communes du pays de Roma, Communauté de communes du val de Garonne, Commune de Poitiers, Communauté d'agglomération d'Agen.

- Cas du gazole pêche

A l'heure actuelle, les HVP ne sont utilisées par aucun navire de pêche. Au plan technique un protocole d'expérimentation sur les moteurs de navires de pêche a été élaboré par le CIRAD à la demande de la DPMA. Le Comité national des pêches maritimes et élevages marins propose de mener une première étape d'analyse des HVP sur des bancs d'essais en 2008 sous réserve de l'obtention des fonds dans le cadre du Fond européen des pêches. Mais aussi et surtout, au plan économique, le coût de production des HVP reste nettement supérieur au prix du gazole de pêche, produit totalement exonéré de TIC.