



MS INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET MANAGEMENT DE PROJET

Olivier Bretel, bretelo@esiee.fr
Yannick Le Gall, legally@esiee.fr

CONTROVERSE :

LE BIOETHANOL : VRAIMENT ECOLOGIQUE ?

Cours de Dynamique d'innovation
Pascal Cottereau, pascal.cottereau@aguidel.com
Krys Markowski, markowsk@esiee.fr

Le 12/12/2006
Version 1.0

Sommaire

Introduction	3
1. Présentation technique	4
2. Historique.....	6
3. Les principaux acteurs	7
3.1 L'Europe	7
3.2. L'Etat Français.....	7
3.3. Le monde agricole	8
3.4. Les industriels	8
3.5. Les organisations environnementales.....	10
3.6. La population française.....	10
3.7. Représentation graphique des différents acteurs et de leurs relations.....	11
4. Bilans	12
4.1. Bilan énergétique	12
4.2. Bilan économique.....	14
4.3. Bilan Ecologique	17
Conclusion / Perspectives	20
Lexique	21
Références	23

Introduction

Aujourd'hui les hommes politiques Français et Européens présentent les biocarburants et notamment le bioéthanol sous un angle favorable. Ils seraient en effet le moyen d'assurer l'indépendance énergétique européenne et de répondre au protocole de Kyoto en diminuant l'émission des gaz à effet de serre (GES) dans le secteur des transports.

Il est vrai que la pénurie annoncée des énergies fossiles, l'augmentation du prix du baril de pétrole, l'instabilité du contexte géopolitique de l'énergie et la pollution atmosphérique créent un contexte extrêmement favorable à la pérennisation de ces carburants verts.

Mais comme dans toute innovation technologique, un anti-programme s'oppose à la mise en place du programme innovant. En effet, plusieurs voix s'élèvent et critiquent le choix de cette énergie alternative et voient en elle une arme écologique de destruction massive.

Le "pétrole vert" ne serait donc pas si propre et si respectueux de l'environnement ? Dans ce cas pourquoi l'Europe et la France poussent-elles à atteindre un objectif d'incorporation de 5.75% de biocarburant dans les carburants à la pompe à l'horizon 2010 ?

Nous avons donc choisi d'étudier cette controverse afin d'évaluer les raisons et les conséquences de ces choix politiques. Ainsi, après un bref récapitulatif des aspects techniques et historiques, nous présenterons les différents acteurs impliqués dans la filière bioéthanol et leurs intérêts principaux. La réalisation des bilans énergétiques, écologiques et économiques nous permettront ensuite de déterminer de façon plus détaillée les bénéfices, les contraintes et les impacts environnementaux avec l'espoir de pouvoir répondre à la question : le bioéthanol, solution vraiment écologique ?

1. Présentation technique

Le bioéthanol est un biocarburant destiné aux *moteurs à essence*. Il est produit à partir de plantes riches en *sucre* (betteraves, canne à sucre...) ou en *amidon* (blé, maïs, pomme de terre...). En France, la production de bioéthanol est aujourd'hui assurée à 70% à partir de betteraves et à 30% à partir de céréales, un pourcentage qui va certainement évoluer dans les prochaines années, avec la création de distilleries qui auront pour matières premières des céréales (cf rôle de l'Etat dans les présentations des acteurs).

Grâce à un procédé de *fermentation* industrielle, le sucre ou l'amidon contenu dans ces végétaux est extrait puis transformé en *alcool*. Cet alcool (éthanol) est ensuite concentré puis purifié par distillation pour le séparer de l'eau.

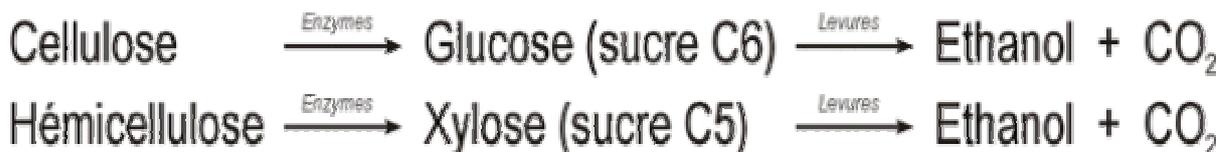
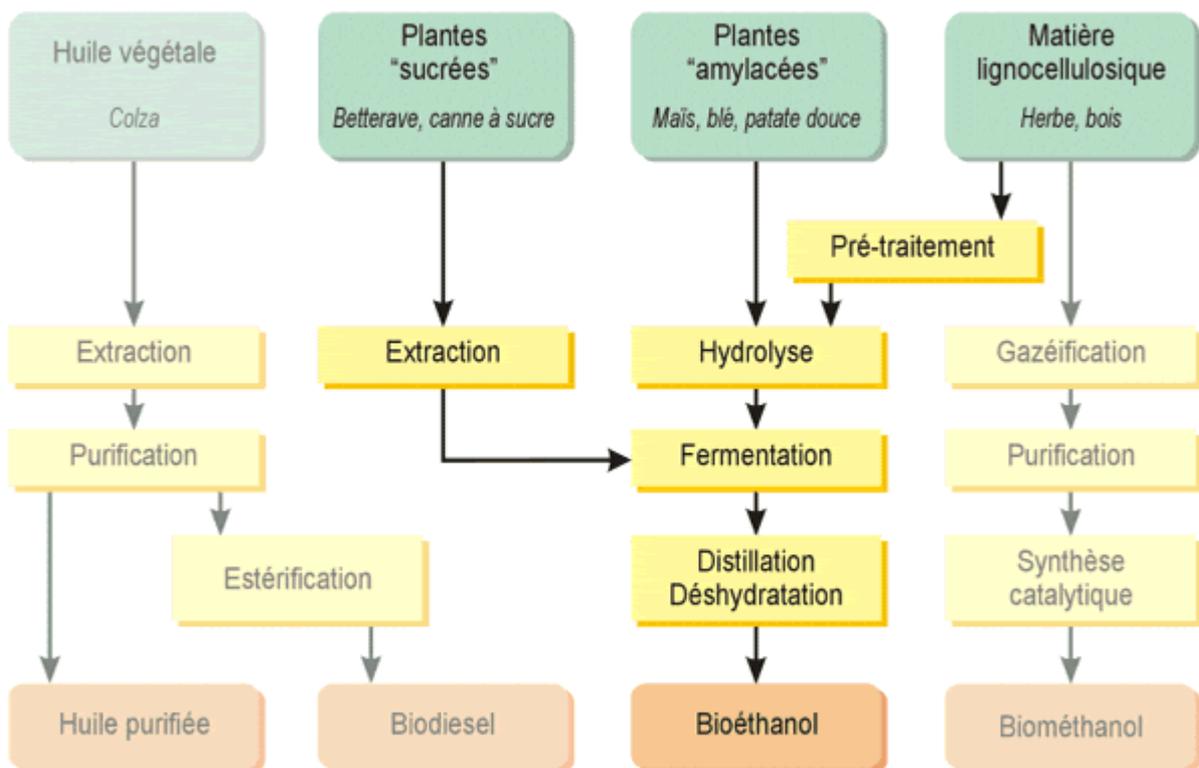


Schéma de principe de production des biocarburants : filières « Huile », « Sucre », et « biomasse »

Une fois l'opération d'extraction / purification de l'éthanol effectuée, celui-ci est utilisé principalement de trois façons :

- **Utilisé directement dans une base essence spéciale**, sans modification du véhicule. Le taux maximal d'incorporation dans le mélange en volume est de 5% en France [17] alors qu'il est de 10% aux Etats-Unis et de 25% au Brésil. Solution transparente pour le consommateur final, mais qui nécessite de grandes précautions dans la préparation pour éviter les phénomènes de démixtion (séparation des phases essence et alcool) et d'augmentation de la volatilité.
- **Mixé avec de l'isobutène (rapport 49%/51%) pour faire de l'ETBE** (éthyl-tertio-butyl-éther). Solution préférée en Europe, car évite les phénomènes cités plus haut et toujours sans incidence pour le consommateur final. La synthèse de l'ETBE étant très proche de celle du MTBE (additif d'origine pétrolière déjà utilisé pour améliorer l'indice d'octane), les investissements en moyens sont faibles. Sans en avoir conscience, en France, nous roulons déjà avec de l'ETBE (seulement 1% de l'essence consommée [9]) !
- **Utilisé en mélange riche (E85)** : composé de 85% de bioéthanol et de 15% d'essence sans plomb 95, c'est la solution considérée pour l'instant comme la plus écologique. Son inconvénient majeur est qu'elle nécessite néanmoins une modification du véhicule (dit flex-fuel), dont le moteur, équipé de capteurs, est capable de s'adapter automatiquement au mélange utilisé. Si aujourd'hui de nombreux véhicules de ce type roulent au Brésil, le développement de cette technologie ne fait que commencer en Europe, mais l'intérêt des constructeurs a été manifeste lors du Mondial de l'Automobile 2006.

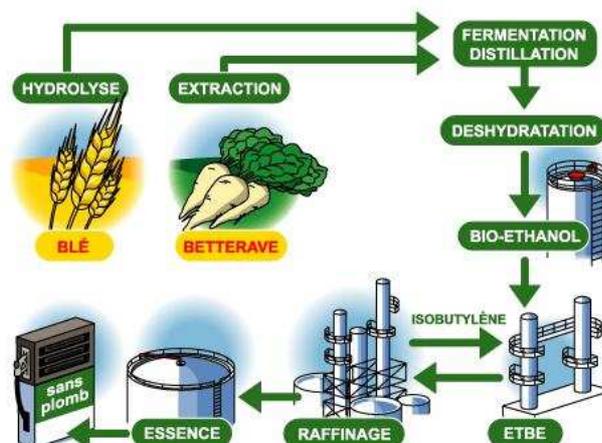


Schéma de fabrication de l'ETBE

2. Historique

Surprise : les biocarburants sont connus depuis le début de l'industrie automobile ! En effet, le carburant utilisé par Nikolaus Otto, père du moteur à explosion était de l'éthanol, et la légendaire Ford T roulait dès 1908 elle aussi l'éthanol. En France, on observe dès 1904 un circuit automobile réservé aux véhicules fonctionnant à l'alcool, et en 1936, plus de 400 millions de litres de carburant au bioéthanol étaient consommés en France. [18]

Sans nous avancer sur les calculs économiques qui seront détaillées plus loin dans la partie 'bilans', nous pouvons dire que l'effort mis dans la recherche et la production de bioéthanol a été entravé par la technologie concurrente, le pétrole, qui s'est imposé peu à peu en raison de son coût plus faible. Des événements comme la crise pétrolière de 1973 remettront temporairement le bioéthanol à un niveau de prix compétitif, mais il faudra attendre vraiment la guerre en Irak pour que les pays riches se rendent compte du risque de leur dépendance vis-à-vis des pays exportateurs de pétrole, s'interrogent sur les gisements encore disponibles, et tachent d'y remédier.

Nouvelle donnée au XXI^{ème} siècle, la prise de conscience du grand public des problèmes environnementaux poussera les gouvernements à proposer une alternative plus écologique au pétrole.

... - 1800	L'éthanol est largement utilisé pour l'éclairage des villes
1860	Nikolaus Otto invente le moteur à explosion, qui fonctionne à l'éthanol
1890	L'éthanol est largement utilisé pour les véhicules aux USA et en Europe
1898	France : Lors de l'exposition universelle, Rudolph Diesel présente un moteur à huile (biodiesel)
1908	USA : Naissance de la légendaire Ford T, qui peut fonctionner à l'éthanol
1920	USA : Partenariat Henri Ford/Standard Oil – 20% du carburant US d'origine non fossile
1930-40	Réaction de baisse des prix des pétroliers, l'éthanol moins utilisé
1940-45	La pénurie d'essence engendrée par la guerre relance la production d'éthanol
1950-60	Amélioration des techniques de forage → abondance de pétrole à bas prix
1973	Crise pétrolière, l'éthanol redevient compétitif face à l'essence
1978	USA : 1 ^{er} programme éthanol lancé par le président Carter
1979	Bésil : le gouvernement s'engage pour favoriser un développement durable du bioéthanol
1980-90	Nouveaux puits de pétrole découverts, baisse du prix de l'essence
2000	La guerre en Irak fait prendre conscience aux USA de leur dépendance énergétique
2001	Bésil : 40% de la consommation nationale d'essence d'origine bioéthanol
2003	La directive européenne 2003/30/CE veut promouvoir l'utilisation de biocarburants
2004 - ...	Augmentation des prix du pétrole, réduction de l'écart avec le bioéthanol
	Une sensibilité écologique commence à s'affirmer à travers le monde
2006	Le gouvernement français s'engage largement en faveur du bioéthanol
2010	Europe : la part des carburants propre doit atteindre 5.75% des carburants fossile (2003/30/CE)

3. Les principaux acteurs

3.1 L'Europe

En 2001, l'Europe publie son Livre Blanc qui définit les grandes lignes de sa future politique de transports [1]. Dans ce cadre, elle souhaite répondre ainsi au protocole de Kyoto en diminuant la pollution issue de ses modes de transport et diminuer sa dépendance vis à vis des énergies fossiles.

Ceci se traduit en mai 2003 par la publication de la directive 2003/30/CE [2] qui fixe au niveau européen les objectifs de promotion et de mise en place de la filière biocarburants. L'objectif d'incorporation de biocarburants dans les carburants fossiles à hauteur de 5.75% de la valeur énergétique du mélange final à l'horizon 2010 est ainsi fixé.

En octobre 2003 l'Europe permet par ailleurs aux Etats membres de détaxer les biocarburants par sa directive 2003/96/CE.

3.2. L'Etat Français

L'implication de l'Etat dans la filière Bioéthanol répond à quatre objectifs principaux :

- Répondre à la directive 2003/30/CE et mieux : les devancer. L'Etat veut ainsi démontrer sa politique volontariste et atteindre un taux d'incorporation de 5.75% dès 2008 et de 7% en 2010. Cette mesure, si elle est pleinement appliquée, devrait permettre de réaliser des réductions d'émission de gaz à effet de serre (GES) totalisant 7MtéqCO₂ à l'horizon 2010.

- Saisir l'opportunité d'être plus indépendant d'un point de vue énergétique et de ne plus subir les aléas politiques et économiques liés à la production des énergies fossiles [3], [5].

- Développer la filière agricole en valorisant les terres laissées en jachère dans le cadre de la Politique Agricole Commune (PAC). En effet, depuis 1992 et la réforme de la PAC les terres laissées en jachère dans le but d'éviter la surproduction de produits alimentaires, sont utilisables par les agriculteurs à des fins non alimentaires. Le pourcentage des jachères a oscillé entre 5 et 15% de 1992 à 2000 et il était de 5% en 2005 [3].

- Maintenir les emplois dans la filière agricole et créer de nouveaux emplois dans la filière industrielle de production de bioéthanol. Se basant sur un rapport de Pricewaterhouse, l'Etat estime que la production d'un million d'hectolitres d'éthanol générerait 500 emplois ce qui correspondrait à environ soixante fois plus de main-d'œuvre que pour produire un même volume de carburant essence [4].

Cette volonté se traduit en 2004 par le plan biocarburants pour la France qui prévoit la construction de plusieurs nouvelles distilleries sur le territoire. A terme, l'Etat souhaite promouvoir l'incorporation d'éthanol pur et non d'ETBE dans le carburant.

3.3. Le monde agricole

Comme cela a été mentionné au paragraphe 3.2. pour l'Etat, la motivation majeure du monde agricole est d'obtenir de nouveaux débouchés grâce à la valorisation des terres en jachère obligatoire.

Cette motivation pour la mise en place d'une filière bioéthanol a également été entretenue lorsque la part des terres laissées en jachère était moindre comme en 2004 où elle ne constituait plus que 5% de la surface agricole totale. L'Europe a donc mis en place une aide de 45€/ha pour les cultures hors jachères destinées aux biocarburants [4]. L'agriculteur a donc à choisir entre l'alimentaire et le non alimentaire.

La culture en jachère permet également l'obtention de co-produits (drèches de blé, etc.) facilement valorisables dans les filières de l'alimentation animale, de l'industrie pharmaceutique ou des cosmétiques [6].

Le développement des biocarburants maintiendrait des activités, notamment pour les betteraviers qui sont contraints de réduire leur production de 33% dans le cadre de la réforme de l'Organisation Commune de Marché (OCM) sucre, comme l'indique Pierre Cuypers de la FNSEA (Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles) [7]. Il est à noter que dans la filière bioéthanol / ETBE, 55% des emplois sont liés à la production de la matière première agricole, 15% à l'exploitation des installations industrielles et 30% aux activités connexes (transports, co-produits...).

3.4. Les industriels

3.4.1. Les producteurs d'éthanol

La France est le 4^{ème} producteur mondial et le 2^{ème} producteur européen d'éthanol.

Les principaux producteurs d'éthanol sont les industriels sucriers : Saint Louis Sucre, Cristal Union, SDHF (Sucrierie Distillerie des Hauts de France), Terreos Union SDA (Sucrieries et Distilleries de l'Aisne) et l'union des planteurs de betteraves à sucre [8].

L'éthanol produit est soit utilisé pour la carburation (bioéthanol) soit pour un usage traditionnel (chimie, pharmacie...).

La production est réalisée à 70% par la transformation des betteraves et à 30% à partir du blé. En France, tout le bioéthanol est transformé en ETBE par l'intervenant majeur : Total. Celui-ci assure 90% de la production d'ETBE (190000 T en 2004). Les 10% restant sont réalisés par la société américaine Lyondell implantée à Fos-sur-mer.

3.4.2. Total

Principal acteur du marché français, Total est aussi le leader européen de l'ETBE et a une position de monopole.

Total s'est engagé dans les biocarburants depuis 1992 et en intègre 800 000 tonnes à ses biocarburants vendus en Europe. Il considère que l'ETBE est la solution la mieux adaptée pour répondre aux exigences européennes à l'horizon 2010 [9]. Ses caractéristiques techniques sont également jugées supérieures à celles de l'éthanol pur car elles garantissent une volatilité du mélange ETBE / carburant fossile inférieure aux normes européennes et elles évitent une séparation de phase du mélange carburant fossile / biocarburant.

Le groupe prévoit de doubler ses achats d'éthanol d'ici 2010. On peut supposer que ce ne sera pas forcément en France ni en Europe, mais certainement dans les pays où la production d'éthanol est la moins chère (Brésil, USA).

Total fait également beaucoup en terme de R&D pour optimiser les rendements énergétiques des filières existantes et pour développer de nouvelles filières de biocarburants qui compléteront l'offre actuelle.

Il est néanmoins clair que l'objectif majeur de cet acteur est de continuer à garder le contrôle de la production des carburants.

3.5.3. Les autres industries pétrolières

Elles sont représentées par l'Union Française des Industries Pétrolières (UFIP) [10] et rassemble quatre Chambres syndicales professionnelles :

- La Chambre Syndicale de l'Exploration Production d'Hydrocarbures (CSEP)
- La Chambre Syndicale du Raffinage du Pétrole (CSR)
- La Chambre Syndicale des Transports Pétroliers (CSTP)
- La Chambre Syndicale de la Distribution des Produits Pétroliers (CSDPP)

Bien que Total en fasse partie, l'UFIP est réticente à entrer pleinement dans la filière biocarburants et estime toujours aujourd'hui que les biocarburants doivent encore faire leur bilan écologique global et s'affranchir des soutiens fiscaux de l'Etat sans lesquels ils ne sont pas compétitifs.

Par ailleurs l'UFIP ne comprend pas vraiment la position de l'Etat qui souhaite encore favoriser le bioéthanol alors que la France exporte 4 MT d'essence sur les 14 MT qu'elle produit. On notera cependant que pour des raisons de coût, la Grande Distribution achète son essence à l'étranger.

L'UFIP estime également que la voie qu'a choisie l'Etat en optant pour l'incorporation d'éthanol pur au détriment de l'ETBE présente de nombreuses contraintes techniques difficiles à résoudre : volatilité du mélange, dépassement des normes communautaires de volatilité, production d'ozone

(= baisse de la qualité de l'air ambiant), sensibilité à la présence d'eau (corrosion, détérioration des joints), etc.

3.5.4. Les Constructeurs Automobiles

Regroupés au sein de l'Association des Constructeurs Européens Automobiles (ACEA), ils se sont mis d'accord en 2001 avec la Communauté Européenne pour assurer une diminution de 25% des émissions de CO₂ pour l'ensemble de leurs gammes respectives [1].

La majorité des constructeurs a engagé de lourds programmes de développement pour proposer aux utilisateurs des moteurs Flex-fuel permettant de rouler avec un mélange composé de 0 à 85% de bioéthanol [11]. Dans ce cadre, ils ont également démontré les performances que peuvent atteindre les moteurs roulant au bioéthanol [12] qui sont identiques à celles des véhicules fonctionnant aux énergies fossiles.

La mise en place de tels programmes de recherche et développement leur assurent par ailleurs une bonne image aux yeux des utilisateurs et cela constitue donc un argument commercial indéniable.

Il apparaît également intéressant pour ces industriels de promouvoir une nouvelle technologie qui nécessite le remplacement du parc automobile Français à moyen ou long terme.

3.5. Les organisations environnementales

Les organisations principales sont Greenpeace, WWF ou encore le Réseau Action Climat France (RAC-F). Leur impact auprès de la population française est de plus en plus fort et elles constituent un puissant lobby d'opposition à la mise en place de la filière biocarburant.

Elles contestent la pertinence de cette dernière en France à tous les niveaux : écologiques, énergétiques et économiques. La technologie actuellement utilisée en France qui nécessite le passage par la phase ETBE avant incorporation ne fait que renforcer cette contestation : la filière bioéthanol ne servirait donc qu'à enrichir Total et les grands céréaliers ou betteraviers.

Elles s'inquiètent aussi des dérives qui sont liées à la mise en place d'une telle filière comme par exemple une surconsommation d'eau et d'engrais pour la production, une diminution de la biodiversité ou encore le développement des OGM sur les biocarburants.

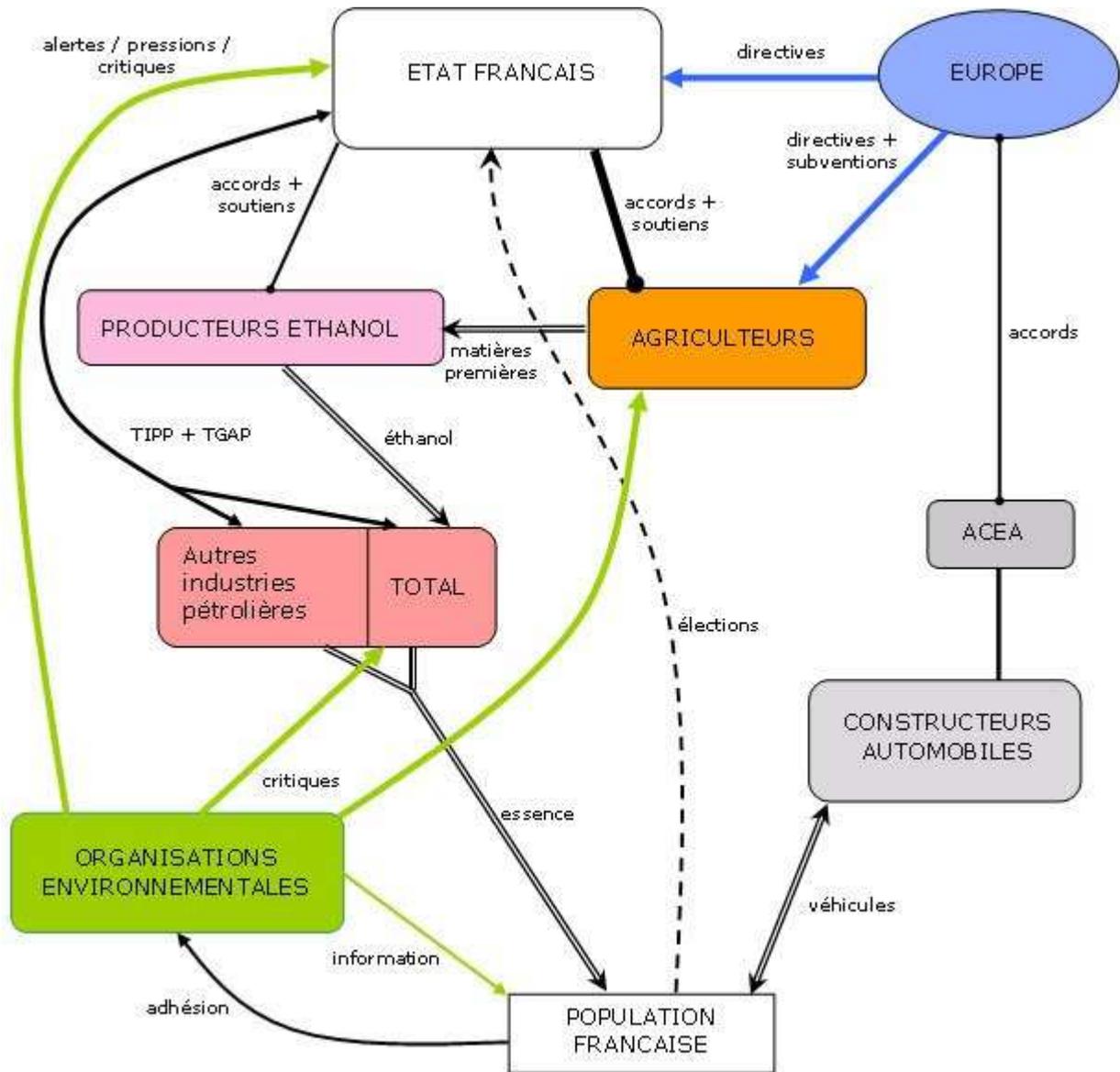
Le bioéthanol leur apparaît donc comme une arme écologique de destruction massive et ne perçoivent une issue que dans le changement de nos modes de vie.

3.6. La population française

Une proportion de plus en plus grande est sensibilisée aux problèmes d'environnement. Néanmoins, parmi ces partisans d'un monde plus propre, beaucoup ne souhaitent pas changer

leur mode de vie et voient donc dans les biocarburants la solution miracle qui leur permettrait de ne rien changer à leur habitudes tout en respectant leur environnement.

3.7. Représentation graphique des différents acteurs et de leurs relations



⇒ Flux de biens et de matières

--- Lien fluu

—● Accords

— Autres actions (directives, subventions, information, pressions, taxes...)

L'épaisseur des flèches est proportionnelle à l'intensité du lien qui unit les 2 acteurs concernés.

4. Bilans

4.1. Bilan énergétique

Si les chiffres diffèrent parfois légèrement, tous les experts s'accordent à dire que les biocarburants ont aujourd'hui un rendement énergétique plus bas que les carburants fossiles. Ainsi, pour l'INRA, 1 litre de biocarburant remplace en moyenne 0.83 litre de carburant fossile.

	Betteraves	Blé
Rendements 2005 en t/ha	79.4	8.1
Evolution des rendements en t/ha/an	0.98	0.12
Biocarburant primaire	Ethanol	
Rendement 2005 hl/l/ha	79	28
Densité	0.79	0.79
Biocarburant secondaire	ETBE (=44% éthanol)	
Rendement 2005 hl/l/ha	180	64
Densité	0.75	0.75
Carburant fossile remplacé	Essence	
Litre d'énergie fossile remplacé par 1 litre de biocarburants	0.83	

Source : « Les biocarburants, quelques aspects techniques », INRA 2005

La question clé est maintenant de savoir combien d'hectares de cultures il faudrait pour arriver à produire les 50 Mtep/an qui sont nécessaires annuellement d'après l'ADEME et M.Jancovici (spécialiste en questions environnementales) au transport en France. Le tableau ci-dessous présente les calculs d'équivalence qui ont été faits à la fois pour l'éthanol (essence) et pour les biocarburants à base d'huile (qui sont destinés à être incorporés dans les carburants diesel).

	Culture initiale	Energie brute produite (teqP/ha)	Energie nette Produite (teqP/ha)	Nombre minimum de km2 pour produire 50Mtep	En % du territoire français	En % des terres cultivées (1997)
Huile	Colza	1,37	0.87	574 000	104%	365 %
	Tournesol	1,06	0.77	648 000	118 %	413 %
Ethanol	Betterave	3,98	0.76	660000	120 %	420 %
	Blé	1,76	0.04	14 800 000	2700 %	9400 %

Source ADEME / Jancovici 2003

M. Jancovici a introduit dans son étude la notion d'énergie nette, qui est la différence entre l'énergie brute générée par la culture et l'énergie consommée tout au long du processus de fabrication et distillation. Même si dans ce tableau le pourcentage de territoire est calculé en considérant que l'on utilise qu'un seul type de culture pour les 50Mtep, l'étude fait apparaître clairement que le territoire français ne suffirait pas pour couvrir les besoins d'une alimentation

domestique totale. D'après lui, couvrir ne serait-ce que 10% (objectif affiché par la France) consommerait presque 40% des terres agricoles disponibles.

Fin 2005, dans ses recommandations pour un développement durable des biocarburants en France [15], le Comité Interministériel pour les Véhicules Propres et Economiques (CIVEPE), reprend les prévisions en terme de développement des biocarburants français, établies par le ministère de l'agriculture, pour arriver à un taux d'incorporation de 5.75% des biocarburants (exigence européenne pour 2008) :

	2005	2006	2007	2008
Esence consommée (t/an)	11 100 000	10 700 000	10 200 000	9 600 000
Bioéthanol consommé (t/an)	172 550	295 000	564 000	871 000
% masse	1.55	2.76	5.53	9.07
% volume	1.48	2.62	5.25	8.62
% PCI (Pouvoir calorifique inférieur)	0.98	1.75	3.50	5.75

Source : CIVEPE, plan biocarburant français 2005-2008, révision septembre 2005

Pour arriver au 871 000 tonnes de bioéthanol en 2008, l'INRA nous fournit, grâce aux rendements des cultures, les besoins en surface correspondant : 225 000 ha en 2008 [14].

Les surfaces arables disponibles en France sont de 18.3 Mha et les surfaces en jachère en 2004 étaient de 4% soit 1.2Mha. Il paraît donc tout à fait possible de réaliser en jachère les cultures pour le bioéthanol. Mais il faut tenir compte des cultures dédiées au biodiesel : l'INRA prévoit en effet des surfaces nécessaires de 1.8Mha pour 2010. Puisque seul 1.2 millions d'hectares sont actuellement disponibles en jachère, deux possibilités se présentent :

- Privilégier l'agriculture à des fins de biocarburant plutôt qu'à des fins alimentaires, ce qui n'est pas sans poser de problèmes
- Importer du bioéthanol depuis d'autres pays, comme le Brésil, qui profite de ses immenses plantations de canne à sucre et de la main d'œuvre économique pour produire du bioéthanol très compétitif.

Si le rendement des biocarburants est aujourd'hui moins élevé que celui des carburants fossiles, qui ont été largement optimisés au cours du dernier siècle, il est permis d'espérer une amélioration importante dans les prochaines années grâce aux avancées de la recherche. Néanmoins, dans l'état actuel des choses, le bilan énergétique du bioéthanol lui confère juste une place de complément à l'alimentation en carburant du monde, et ne fait que déplacer pour la France la dépendance énergétique vers des pays à priori plus stables.

4.2. Bilan économique

4.2.1. Coût et bénéfices pour les exploitants agricoles

Depuis 1992, la PAC impose aux agriculteurs de laisser des terres en jachère mais il est possible d'utiliser ces terres pour les cultures énergétiques à destination de la filière biocarburants. Ceci constitue donc une source de revenus complémentaire pour les agriculteurs. L'INRA a calculé en 2005 que ces revenus sont de l'ordre de 300€/ha pour le blé et de 600€/ha pour les betteraves [14].

Devant les limites de la culture en jachère (cf. paragraphe 4.1.1.) et dans le cadre de sa promotion pour les biocarburants, l'Europe octroie une prime supplémentaire de 45€/ha pour les cultures énergétiques effectuées hors jachère. L'INRA montre également que pour les cultures hors jachère, les retombées économiques sont moindres. Le tableau 2 ci-dessous récapitule les impacts de chaque type de culture sur les revenus agricoles.

	Prix de vente en tant que matière destinée aux biocarburants €/t	Rendements moyen t/ha	Accroissement du revenu agricole, culture sur jachère €/ha	Accroissement du revenu agricole, culture hors jachère €/ha
Blé	88	8.2	302	45
Betterave	20	79.5	606	149

Source : INRA, Décembre 2005, impact des cultures énergétiques sur les revenus agricoles

Par conséquent, tant que les biocarburants permettent aux agriculteurs de cultiver les terres en jachère, les retombées économiques sont intéressantes. En revanche, quand les productions énergétiques se font au dépend des cultures alimentaires, l'enjeu économique devient marginal. Il est cependant encore confortable pour les betteraviers car le prix de la betterave destinée aux biocarburants a été calculé pour que la culture hors jachère soit rentable, ceci pour compenser la réduction des nouveaux quotas définis par la réforme de l'OCM sucre [14].

4.2.2. Coût de production du bioéthanol

Il est difficile d'évaluer le coût du bioéthanol incorporé au carburant car il n'y a pas d'estimation fiable du coût de l'ETBE : étant composé d'éthanol et de butane, son prix dépend d'une part, des accords passés entre les producteurs d'éthanol et les fabricants d'ETBE et d'autre part, du prix du butane qui est indexé sur le prix du pétrole.

On trouve cependant différentes estimations pour le coût du bioéthanol avant transformation en ETBE.

L'INRA [14] estime ce coût à 0.36€/litre, le CIVEPE indique dans son rapport de janvier 2006 que le coût est de 0.50€/l. Pour information, dans ce même rapport il est mentionné que le coût de l'essence est de 0.40 €/l pour un baril de pétrole brut à 60\$. L'Institut Français du Pétrole (IFP) s'aligne quant à lui sur les chiffres de l'INRA avec un coût de production de 0.38€/l.

Le tableau ci-dessous récapitule les différentes valeurs pour l'essence et l'éthanol en août 2005.

Prix HTT essence et coût de production des biocarburants	€ / litre	€ / litre équivalent essence	Défiscalisation France en € / litre
Essence Europe Brut à 25\$/bl	0.2	0.2	
Essence Europe brut à 60\$/bl	0.4 / 0.45	0.4 / 0.45	
Ethanol Europe	0.5	0.75	0.37
Ethanol Brésil	0.2	0.3	
Ethanol Etats Unis	0.3	0.4	

Source : CIVEPE, Janvier 2006 - prix et coût des différents carburants en août 2005

La compétitivité du bioéthanol vis-à-vis de l'essence dépend clairement du prix du baril de pétrole brut. Pour l'INRA, le bioéthanol devient compétitif lorsque le baril de brut atteint 75 à 80\$ alors que pour l'IFP, il faudrait que le baril atteigne 90\$.

Il apparaît donc clairement que sans aides de l'Etat, le bioéthanol ne peut pas être mis en place.

4.2.3. Moyens mis en œuvre par l'Etat pour favoriser les biocarburants

Afin de faire mieux que les objectifs fixés par l'Europe, l'Etat possède deux outils : la défiscalisation et la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP).

La défiscalisation correspond à une exonération de la taxe intérieure des produits pétroliers (TIPP) appliquée aux biocarburants. Elle leur permet d'être rentables pour un prix du baril de pétrole brut de 15-20\$. En 2004 la TIPP est fixée à 0.22€/l d'éthanol pur et 0.41€/l d'ETBE. Ces chiffres sont à comparer au montant de la TIPP pour l'essence qui est de 0.59€/l. En 2005, la TIPP est de 0.37€/l pour l'éthanol et les prévisions pour 2007 sont de 0.33/l pour l'éthanol et l'ETBE.

LA TGAP consiste à inciter les entreprises qui commercialisent de l'essence à incorporer progressivement du bioéthanol dans les quantités fixes par l'Europe à savoir : 1.2% en 2005, 1.6 en 2006, 3% en 2007, 4% en 2008, 5% en 2009 et 5.75% en 2010. Le montant de la taxe que doivent payer ces entreprises, si elles ne peuvent pas justifier de l'incorporation de bioéthanol, se calcule sur une base de 0.86€/l d'essence multipliée par le taux de l'année en cours (1.2% en

2005 par exemple). Malheureusement pour le citoyen français, la majorité des entreprises commercialisant des carburants a répercuté le montant de cette taxe sur le prix à la pompe même si elles ne la payaient pas. Le pauvre citoyen a donc à supporter la TGAP et l'exonération de la TIPP.

4.2.4. Coût et bénéfices du bioéthanol pour la France

L'estimation des impacts du programme bioéthanol est délicate, car peu d'études ont été réalisées, contrairement à la filière biodiesel.

L'étude du cabinet PricewaterhouseCoopers annonce des créations d'emplois égales à 6.3 emplois pour 1000 T d'éthanol dont la moitié dans le domaine agricole. Ce qui amènerait à 5500 le nombre d'emplois créés en 2008, où 871 000 T d'éthanol devraient être produites.

Auparavant une étude de la Direction de la Prévision du ministère des Finances (juillet 2000, rapport Levy-Couveinhes) contestait le bilan des créations d'emplois résultant de mesures sectorielles.

Enfin, le rapport d'information sur les biocarburants du 26/05/04 de l'Assemblée Nationale déposé par la commission de finances, de l'économie générale et du plan [4] se basait sur la création de seulement 500 emplois pour la filière bioéthanol dans le cadre d'une production de 1 Mhl soit les quantités prévues pour 2010.

En terme de coût, il est également très difficile de valider un coût global de l'utilisation du bioéthanol. Néanmoins le rapport d'information sur les biocarburants du 26/05/04 de l'Assemblée Nationale [4] estime que hors TIPP, la production d'un hectolitre d'ETBE de betteraves engendrerait 4,8€ de recettes fiscales et celle d'un hectolitre d'éthanol 5,5€, à rapprocher de 0,9€ par hectolitre d'essence. Après la loi de finances pour 2004, la consommation d'un hectolitre d'ETBE rapporte 40,5€ de TIPP, celle d'un hectolitre d'éthanol incorporé directement 21,92€ et celle d'un hectolitre d'essence 58,92 euros. Finalement, en terme de finances publiques, l'utilisation d'un hectolitre d'ETBE "coûte" 13,62€ et celle d'un hectolitre d'éthanol incorporé directement 31,5€, tandis que l'utilisation d'un litre d'essence rapporte 59,82€.

4.3. Bilan Ecologique

Le bilan écologique du bioéthanol est un sujet largement ouvert à controverse, et curieusement la position des acteurs n'est pas forcément celle attendue. Les batailles de chiffres, très souvent avancés sans suffisamment d'explications pour que l'interprétation soit déterminante, rendent difficile l'émergence d'une vérité incontestable.

L'argument écologique principal en faveur du bioéthanol tient à ses effets bénéfiques supposés sur les *gaz à effet de serre* (notamment CO_2), responsables du réchauffement de la planète. La France s'est particulièrement engagée à réduire pour 2050 par quatre ses émissions de CO_2 bien au-delà des objectifs de Kyoto. L'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et le Ministère de l'industrie ont produit en décembre 2002 avec l'appui de PriceWaterhouseCoopers, et de l'IFP (Institut Français du Pétrole) une étude sur les bilans du bioéthanol. Cette étude, citée largement dans les communications pro bioéthanol, présentait le tableau suivant :

Indicateur de gaz à effet de serre, du puits à la roue G eq. CO_2/kg			
Ethanol	Essence	ETBE	MTBE
912	3 653	2 526	3 131

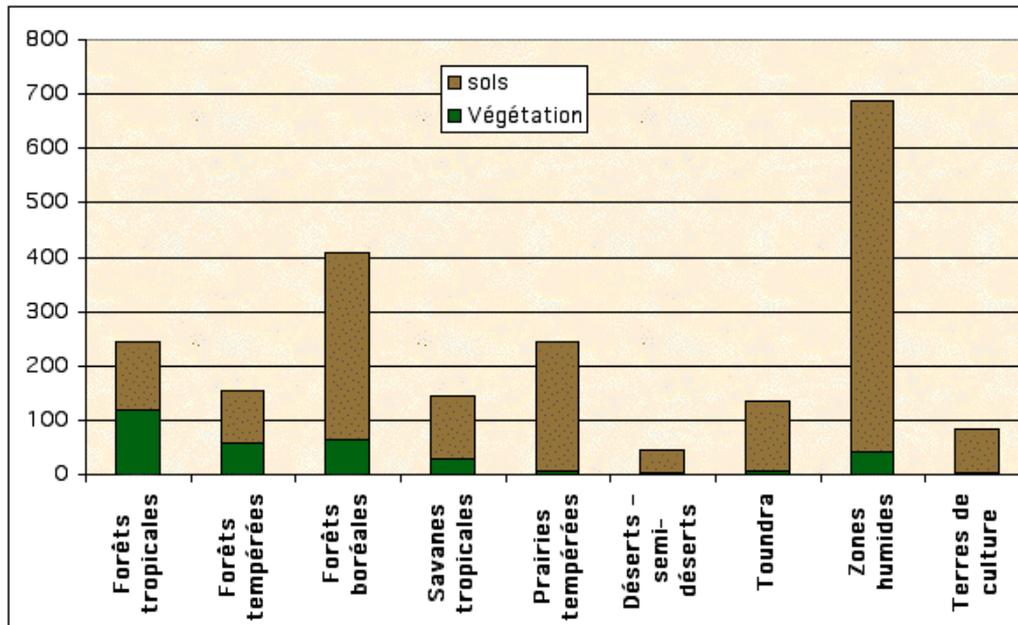
Source : Étude ADEME/Ministère de l'industrie 2002

Il est intéressant de remarquer la réaction immédiate de la Confédération générale des planteurs de betteraves (CGB) qui écrit, en soulignant que cette étude a été réalisée par un expert indépendant (mais les chiffres proviennent de l'IFP...) :

«Chaque litre d'essence remplacé par 1 litre de bioéthanol permet de réduire de 75% les émissions de gaz à effet de serre : le CO_2 rejeté lors de la combustion est le même que celui que la plante a prélevé durant sa croissance. 1 hectare de betterave bioéthanol supprime les émissions annuelles de CO_2 de 10 voitures. En 2006, en produisant 20 000 hectares de betterave bioéthanol, on éliminera donc les émissions de 200 000 voitures !». L'argument principal mis en avant est le suivant : puisque le bioéthanol est issu de l'agriculture, la photosynthèse qui en est à l'origine contrebalance l'émission de gaz à la combustion.

L'étude de l'ADEME, présente un bilan « du puit à la roue », ce qui sous entend un bilan global, qui tient compte des consommations intermédiaires (tracteurs, transport, distillation...). Néanmoins, quand on consulte les annexes de l'étude qui présentent les modes de calculs, on peut être troublé par certains raccourcis qui semblent pris pour l'élaboration des résultats.

Pour la plupart des organisations écologistes, une donnée manquante extrêmement importante est la prise en compte de la modification du terrain sur lequel sont cultivés les constituants du bioéthanol. En effet, d'après le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), l'absorption en carbone des différents types de sols présente des variations très significatives :



Contenus approximatifs en tonnes de carbone par hectare de divers types d'écosystèmes.

Source : GIEC, 2001

Dans ce graphique, on remarque qu'un sol de prairie stocke 3 fois plus de carbone qu'un sol cultivé, donc en mettant en culture une prairie on conduit à des émissions de CO₂ supplémentaires. Or, comme l'étude de bilan énergétique le montre, dans l'état actuel des choses, il faudrait supprimer en France de nombreuses prairies et forêts pour produire une quantité significative de bioéthanol. Certains groupes alarmistes, envisagent même des répercussions à un niveau mondial [13]. Le bilan serait en effet pire encore si des forêts tropicales ou des zones humides amenaient certains pays à des déforestations massives. Le Brésil s'est largement engagé dans cette voie, et les écologistes redoutent que l'augmentation de la demande mondiale en bioéthanol accentue ce phénomène par un export du Brésil vers les pays plus industrialisés. D'où l'appellation « d'arme de destruction massive » (de forêt) que les plus farouches opposants utilisent [23]

Autre point d'inquiétude pour les écologistes, les conditions de culture en mode intensif des terres actuellement en jachère pourraient nécessiter l'utilisation d'OGM, une surconsommation d'eau et des engrais en grande quantité, ce qui aurait bien sûr un effet très négatif sur la qualité des sols et des eaux et porte des risques sur la biodiversité. Et ces engrais, source de N₂O, sont aussi des gaz à effet de serre...

Certains spécialistes, comme Jean-Marc Jancovici [21], expert climatique, spécialiste sur l'effet de serre (mais controversé pour son engagement en faveur du nucléaire), pensent donc que « très vraisemblablement, l'utilisation du biocarburant représente une économie par rapport à l'essence en matière d'émissions de gaz à effet de serre, mais que penser que le salut réside dans la généralisation du système est aller bien vite en besogne. »

Des chercheurs des universités de Stanford (NY, Etats-Unis) [22], Cornell (NY, Etats-Unis) [24] et Berkeley (CA, Etats-Unis) [20], émettent quant à eux de gros doutes sur le fait que le bilan "du puits à la roue" des émissions de gaz à effet de serre soit plus favorable que celui de l'essence, et crient au mensonge pur et simple. Contacté lors de la rédaction de ce dossier, M. Patzek, professeur dans cette université et référence mondiale nous a fait la réponse suivante, qui résume bien les différentes craintes liées au bioéthanol :

« Les biocarburants sont des subventions pour l'agriculture et ne concernent pas la santé de la planète, la préservation de l'eau, la qualité de l'air, la réduction des émissions de CO₂ et la résolution des problèmes d'énergie. En fait, ils peuvent être considérés comme une dangereuse diversion des problèmes les plus importants, comme la conservation de l'énergie, le développement d'un système de transport public intelligent, la mise en place de l'énergie solaire et des éoliennes. Ils servent aussi de catalyseurs qui ont grandement accéléré la combustion de la surface de la terre sous les tropiques, en Indonésie, au Brésil, à Madagascar, en Birmanie, etc. Les inconvénients dus aux émissions de CO₂ dues résultant de la combustion de la forêt tropicale et des tourbes dépassent déjà les avantages qu'on pourrait tirer de l'utilisation des biocarburants même dans les scénarios les plus optimistes. Comme effet secondaire à la production de biocarburant, les prix de la plupart des céréales grimpent. Le prix du maïs a doublé. De la nourriture plus chère signifie encore plus de misère pour les 50% de l'humanité qui subsistent avec seulement 2\$ par jour. » [Traduction par nos soins]

Tadeusz W. Patzek

Professor, Department of Civil and Environmental Engineering

425 Davis Hall

Berkeley, CA 94720

Tel: 510-643-5834, Fax: 510-531-5104

Courrier électronique échangé avec l'Université de Berkeley, Californie

Pour résumer le bilan écologique, il est donc difficile de trancher entre les querelles d'experts, et comme bien souvent il faudra attendre plusieurs années pour avoir suffisamment d'éléments de réponse. La surprise vient de la position d'opposant de la plupart des organisations écologistes, qui étaient pourtant à la base favorable avant de calculer le cycle de vie global du bioéthanol. Pendant ce temps, les pétroliers, d'abord hostiles, ont pris le parti de devenir un des principaux sponsors du bioéthanol, surtout sous forme d'ETBE qui transite par leurs usines de distillation...

Conclusion / Perspectives

Au niveau économique, le bilan est globalement négatif pour l'Etat. En revanche le choix de l'Etat peut s'expliquer par les gains qu'il procure à différents acteurs :

- les grands céréaliers et betteraviers qui pourront cultiver les terres en jachère,
- les compagnies pétrolières comme Total qui ont déjà beaucoup investi dans cette filière,
- les constructeurs automobiles qui trouvent dans cette voie de nouveaux arguments commerciaux pour renouveler le parc automobile français.

D'un point de vue énergétique et écologique, il est vraiment difficile d'établir un bilan net et précis. Néanmoins, même si beaucoup de chiffres sont controversés, un constat apparaît clairement : les surfaces pouvant être dédiées à la culture du bioéthanol et au biodiesel sont insuffisantes pour répondre aux ambitions de la politique des transports de l'Europe.

Nous pensons donc que le bioéthanol et l'ETBE ne peuvent en aucun cas constituer une solution miracle de remplacement du pétrole. Au mieux en faisant l'hypothèse optimiste d'une valorisation parfaite des coproduits par les filières des biocarburants, les économies d'émission de GES du plan biocarburants seront comprises entre 7 et 8 MTeqCO₂. Ceci ne représentera que 1.4% des émissions autorisées pour la France en 2012 dans le cadre du protocole de Kyoto et 5.3% des émissions actuelles du secteur transport.

La priorité actuelle est et restera de réduire l'impact considérable des transports sur le changement climatique. Dans ce contexte, deux points apparaissent donc essentiels :

- intensifier les efforts pour développer de nouvelles filières de biocarburants qui semblent plus prometteuse comme la filière ligno-cellulosique qui ne valorise pas seulement le sucre de la plante mais la plante toute entière,
- diminuer notre dépendance vis-à-vis des transports en favorisant les transports collectifs et en changeant nos modes de vie.

Lexique

BIOCARBURANT

Carburant issu d'une matière première renouvelable, de végétaux (céréales, canne à sucre...).

BIOETHANOL

Ethanol d'origine agricole obtenu après fermentation des sucres de matières premières végétales (betterave à sucre, céréales, pomme de terre, topinambour, bois) ou de « déchets » (petit-lait, vieux papier, ...). Il peut être utilisé seul ou s'incorporer directement dans l'essence, mais les pétroliers l'utilisent aujourd'hui pour produire l'ETBE.

BIOMASSE

En écologie, la biomasse est la masse totale (quantité de matière) de toutes les espèces vivantes présentes en un milieu naturel donné. Dans le domaine de l'énergie, le terme de biomasse regroupe l'ensemble des énergies provenant de la dégradation de la matière organique.

DISTILLER

Traiter par la chaleur et récupérer les produits volatils en les condensant par refroidissement.

DRECHES

Résidus de brasserie utilisés pour l'alimentation du bétail. Elles résultent de la filtration du moût en fin de brassage, qui permet d'éliminer tous les résidus solides avant clarification de la bière. Ces drêches apportent un complément d'alimentation azotée et peuvent entrer dans la ration des ruminants.

E85

Il s'agit d'un carburant qui contient, en volume, 85% de bioéthanol et 15% d'essence. De la même façon, l'E5 ou l'E10 contiennent respectivement 5 et 10% de Bioéthanol, le reste étant de l'essence.

EFFET DE SERRE

Phénomène naturel conduisant au réchauffement de l'atmosphère et de la surface de la Terre. L'effet de serre est un phénomène naturel reposant sur le fait que l'atmosphère terrestre se conduit un peu comme la vitre d'une serre : elle laisse pénétrer la chaleur du soleil et l'emprisonne.

Ce sont les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère qui piègent les rayons infrarouges émis par la Terre. Plus ils sont abondants, plus l'atmosphère et le sol se réchauffent. Les gaz à effet de serre assurent à la Terre une température moyenne de +15°C. En leur absence, notre climat serait très différent et très inhospitalier pour la vie. Mais, le volume de CO2 rejeté aujourd'hui pourrait provoquer un réchauffement global de la planète dont l'ampleur pourrait atteindre +5°C en 2100. L'équilibre climatique de la Terre s'en trouverait alors bouleversé.

EMHV

Esters Méthyliques d'Huile Végétale, obtenus à partir d'une estérification d'huiles végétales (colza, tournesol, ...) par du méthanol. Ils s'incorporent dans le diesel.

EQUIVALENCE TONNES DE BIOCARBURANT/HECTOLITRES

1 tonne de bioéthanol équivaut à 12,5 hectolitres de bioéthanol .

ETBE

L'Ethyl Tertio Butyl Ether est utilisé en mélange à l'essence comme biocarburant. Dérivé du bioéthanol produit à partir de betteraves sucrières ou de blé, l'ETBE est obtenu par réaction entre une molécule de bioéthanol et l'isobutène (49% de bioéthanol et 51% d'isobutène), issu du produit du raffinage du pétrole. Il se substitue très bien au plomb, et comme le Diester, il améliore la qualité de l'air.

FERMENTATION

Transformation, décomposition, dégradation de certaines substances organiques (particulièrement les hydrates de carbone) sous l'effet d'un ferment en libérant de l'énergie.

FLEX-FUEL

De l'anglais flex-fuel qui signifie poly carburant : désigne un véhicule dont le moteur peut utiliser 2 ou 3 types de carburant (ex. essence + bioéthanol).

GES - GAZ A EFFET DE SERRE

Composés chimiques contenus dans l'atmosphère où ils emprisonnent la chaleur. Ils retiennent une partie de la chaleur solaire, selon le mécanisme dit d'effet de serre.

Ces gaz sont présents naturellement dans l'atmosphère en quantité fixe, mais l'activité humaine en augmente la concentration. Le principal accusé est le CO₂ libéré lors de la combustion des énergies fossiles.

Depuis le début de l'ère industrielle (milieu du XIXe siècle) la teneur atmosphérique en CO₂ a Augmenté de 30 %.

PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur)

Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée non condensée et la chaleur non récupérée. Il se calcule en déduisant au PCS la chaleur de condensation de l'eau (2511 kJ/kg) formée au cours de la combustion et éventuellement de l'eau contenue dans le combustible.

PROTOCOLE DE KYOTO

Traité international visant à enrayer le réchauffement planétaire, signé en 1997 au sein de l'O.N.U. au Japon, selon lequel 38 pays Industrialisés s'engagent à réduire leurs émissions des six gaz à effet de serre accusés de provoquer un réchauffement global.

Le protocole de Kyoto stipule qu'entre 2008 et 2012, ces émissions devront baisser jusqu'à un niveau moyen inférieur de 5,2 % à ce qu'il était en 1990.

Les objectifs de réduction sont variables selon les pays :

- 8% pour l'Union Européenne,
- 7% pour les USA,
- 6% pour le Japon et le Canada.

Les pays en développement, en revanche, ne sont pour le moment tenus à aucune réduction. La ratification du traité se heurte à de nombreux obstacles économiques et politiques, dont notamment le fait que les Etats Unis ont jusqu'ici (2006) refusé de ratifier le traité alors que ce pays est responsable du quart des émissions mondiales de CO₂ en ne représentant que 4% de la population mondiale.

RENDEMENT

- Quantité de produits récoltés par unité de surface, aujourd'hui par hectare.
- Rapport de l'énergie ou d'une autre grandeur fournie par une machine à l'énergie ou à la grandeur correspondante consommée par cette machine.

TGAP

Taxe générale sur les activités polluantes. Elle porte sur 8 catégories d'activités polluantes dont l'émission dans l'atmosphère de substances polluantes. Son mécanisme conduit à séparer le niveau de la taxe du montant des ressources nécessaires pour financer la réparation rendue nécessaire à la suite des dommages causés à l'environnement par les activités polluantes.

Elle a remplacé la taxe parafiscale sur la pollution atmosphérique (TPPA) le 1er Janvier 1999.

TIPP/TIC

Si le terme de TIPP, pour Taxe Intérieure sur les Produits Pétroliers, reste encore dans les esprits, il a été remplacé par TIC depuis le 1er Janvier 2005, pour Taxe Intérieure de Consommation.

VOLATILITE

La volatilité d'un liquide correspond à son aptitude s'évaporer à l'air libre. Il s'agit d'un phénomène physique étroitement lié à la température ambiante.

Références

N°	Type	
[1]	Presse	Livre Blanc de la Commission Européenne du 12/09/2001, "La politique Européenne de transports à horizon 2010 : l'heure des choix
[2]	Presse	Directive 2003/30/CE du parlement Européen et du Conseil du 08 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou d'autres carburants renouvelables dans les transports
[3]	Presse	Rapport du Centre de Recherche en Economie et Droit de l'ENergie (CREDEN), Alain Mathieu, cahier n°05.01.54, le 24/01/05, "Les biocarburants face aux objectifs et aux contraintes des politiques énergétiques et agricoles"
[4]	Web	Rapport d'information sur les biocarburants du 26/05/04, Assemblée Nationale n°1622 déposé par la commission de finances, de l'économie générale et du plan. www.assemblee-nationale.fr/12/rap-info/i1622.asp#P252-29771
[5]	Web	http://www.environnement.gouv.fr/article.php?id_article=3572
[6]	Presse	Compte rendu de la journée débat sur les biocarburants organisée par l'ADECA (Association pour le Développement des Carburants Agricoles) et l'ADEME le 13/05/2003 à la Maison de la Chimie à Paris.
[7]	Web	http://www.fnsea.fr/sites/webfnsea/dossiers/soc/biocarb/
[8]	Presse	Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation d'un projet stratégique régional : les biocarburants et leurs coproduits. Pierre Leroy – ADIT Société nationale d'intelligence stratégique, octobre 2005.
[9]	Web	www.total.com
[10]	Web	www.ufip.fr
[11]	Presse	Le magazine d'information du groupe Renault, n°49, novembre 2006
[12]	Web	http://ecologie.caradisiac.com/+E85-+
[13]	Web	http://terresacree.org/bioethanol.htm :
[14]	Presse	Inra Sciences Sociales, n°2 décembre 2005, ISSN 0988-3266, "l'ambivalence des filières biocarburants
[15]	Presse	Rapport du Comité Interministériel pour les Véhicules Propres et Economes, "Recommandations pour un développement durable des biocarburants en France", janvier 2006
[16]	Web	projet de la loi de finance pour 2007 http://www.senat.fr/rap/I06-078-21-1/I06-078-21-117.html
[17]	Presse	annexe 1 de l'arrêté du 23/12/1999 sur les supercarburants sans plomb
[18]	Web	(http://www.udg.fr/programme-election-presidentielle-2007.php)
[19]	Web	http://www.bioethanolcarburant.com/ (site financé par les betteraviers)
[20]	Web	Université de Berkeley – Publications sur le bioéthanol

	Radio	http://petroleum.berkeley.edu/papers/Biofuels/BiofuelsTop.htm Notamment les contributions de W.Patzek http://petroleum.berkeley.edu/patzek/BiofuelQA/Materials/ Particulièrement son interview BBC WorldBusinessReview February 18 2006 WorldBusinessReviewFeb182006.mp3
[21]	Web	http://www.manicore.com/documentation/carb_agri.html
[22]	Web	http://www.stanford.edu/group/efmh/jacobson/ClimateHealth4.pdf
[23]	Web	http://www.dossiersdunet.com/article866.html
[24]	Web	David Pimentel, Cornell University , Ithaca, NY 14853, dp18@cornell.edu