

# Les biocarburants :

## Quel intérêt ?

## Quelles perspectives ?



EDEN

Énergie Durable en Normandie (EDEN)  
386 rue Bellanger - 76190 Yvetot  
Tel: 02.35.95.66.66 / Fax:02.35.95.68.18

## SOMMAIRE

Introduction .....	page 3
Bilans énergétiques et effet de serre des filières de biocarburants .....	page 4
Rentabilité économique de la production de biocarburants .....	page 7
L'hypothèse d'une valorisation en alimentation animale des coproduits des biocarburants est-elle réaliste ? .....	page 9
Conclusion .....	page 11
Annexes .....	page 12
Bibliographie .....	page 24
Remerciements .....	page 24

## INTRODUCTION

Suite à la publication en novembre 2005 de l'analyse réalisée par l'association Energie Durable en Normandie (EDEN) de l'étude Ademe-Direm 2002 « Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants », le Réseau Action Climat-France (RAC-F)<sup>1</sup> a constitué un groupe de travail sur ces questions, auquel ont participé les 13 associations membres du RAC-F, EDEN et Solagro<sup>2</sup>, qui nous a éclairé sur quelques aspects techniques.

À l'issue des réflexions du groupe, le RAC-F a publié une note de positionnement de 4 pages sur les biocarburants, en mai 2006<sup>3</sup>.

EDEN a par ailleurs effectué des calculs sur le coût pour la collectivité de la défiscalisation des biocarburants, sujet rarement abordé dans les publications sur la question des biocarburants.

Le présent rapport est une synthèse de ces différents travaux.

---

<sup>1</sup> Le RAC-F est un réseau d'associations spécialisé sur le thème de l'effet de serre et du changement climatique. Il regroupe : le WWF, Greenpeace, les Amis de la Terre, France Nature Environnement, le Comité de Liaison Energie Renouvelable, la Fédération des Usagers du Transport, la fédération des usagers de la bicyclette, le Réseau sortir du nucléaire, HESPUL, Hélio International, 4D, Agir pour l'environnement et la Ligue de protection des oiseaux.

<sup>2</sup> Cette étude n'engage en rien Solagro, qui ne nous a aidé que sur le plan technique.

<sup>3</sup> Téléchargeable sur : [http://www.rac-f.org/article.php3?id\\_article=1064](http://www.rac-f.org/article.php3?id_article=1064)

## BILANS ENERGETIQUE ET EFFET DE SERRE DES FILIÈRES DE BIOCARBURANTS

Les biocarburants (ou carburants d'origine agricole) connaissent aujourd'hui un développement important en Europe. Ce développement permettrait d'atteindre 2 objectifs :

- réduction des émissions de gaz à effet de serre, responsable du réchauffement de la planète (cf. annexe 1)
- réduction de notre dépendance énergétique par rapport au pétrole dont les cours s'élèvent (cf. annexe 2).

Par ailleurs, la production de biocarburants aurait 3 conséquences bénéfiques pour notre économie :

- création d'emplois ; 24 000 emplois nouveaux sont attendus du plan VILLEPIN à l'horizon 2010
- débouchés nouveaux et importants pour les produits agricoles (blé, betterave et colza)
- autonomie en protéine de nos élevages ; l'éthanol de blé et de maïs ainsi que le diester génèrent des quantités importantes de coproduits (drêches et tourteaux) qui pourraient se substituer aux 5,4 millions de tonnes de tourteaux de soja que la France importe chaque année d'Amérique Latine.

La Seine Maritime est un département en pointe pour les biocarburants, avec l'usine SAIPOL de Grand Couronne qui produit du diester à partir de colza depuis une dizaine d'années, l'usine tournant aujourd'hui à plein régime, et le projet BENP - TEREOS de Lillebonne sur le site de l'usine SODES qui devrait, à partir d'avril 2007, transformer chaque année environ 700 000 tonnes de blé en 200 000 tonnes d'éthanol.

C'est donc tout naturellement que l'association EDEN (Energie Durable En Normandie) a voulu connaître l'intérêt réel de ces filières en terme d'efficacité énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre. En effet, les études effectuées dans les années 90 sur les bilans énergétiques notamment de la filière éthanol donnaient des résultats très décevants, ne permettant pas d'envisager un développement économiquement et énergétiquement rentable de ces filières.

En décembre 2002 est parue l'étude ADEME – DIREM 2002 « Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de biocarburants », dont les résultats, repris aujourd'hui dans toutes les publications grand public sur le sujet, sont présentés dans le tableau 1 (première colonne).

Les 2 critères qui sont pris en compte sont :

- l'efficacité énergétique (EE) ; rapport entre l'énergie restituée par le biocarburant quand on le brûle (mesuré par son pouvoir calorifique inférieur, PCI) et l'énergie non renouvelable primaire utilisée pour le produire
- l'indicateur effet de serre (IES) ; exprimé en gramme équivalent CO<sub>2</sub> par mégajoule de biocarburant (cf. annexe 3)

Tableau 1 : Efficacité énergétique et Indicateurs effet de serre (IES<sup>4</sup>).  
Synthèse EDEN – RAC.F 2006

<b>BIOCARBURANT</b>	<b>Résultat ADEME DIREM 2002</b>	<b>Coût énergétique et indicateur effet de serre de la production d'1 M.J. de biocarburant</b>	<b>Bilans nets compte tenu des économies générées par l'utilisation en alimentation animale des coproduits</b>
<b>ETHANOL DE BLE</b>	EE <sup>5</sup> = 2,05 IES = 34,4g éq CO <sub>2</sub> /MJ soit 40% de l'indicateur effet de serre de l'essence	0,91MJ (EE = 1,10) 76,5 à 94,6 éq CO <sub>2</sub> /MJ	EE = 1,43 IES environ 45g éq CO <sub>2</sub> /MJ soit 52% de l'IES de l'essence
<b>ETHANOL DE MAIS</b>	<i>Non étudié</i>	1,18 MJ (EE = 0,85) 87,8 à 102,8g éq CO <sub>2</sub> /MJ	EE = 0,98 IES environ 65g éq CO <sub>2</sub> /MJ soit 76% de l'IES de l'essence
<b>ETHANOL DE BETTERAVE</b>	EE = 2,05 IES = 33,6g éq CO <sub>2</sub> /MJ soit 39% de l'indicateur effet de serre de l'essence	0,84MJ (EE = 1,19) 64,4 à 74g éq CO <sub>2</sub> /MJ	EE = 1,31 IES environ 57g éq CO <sub>2</sub> /MJ soit 66% de l'IES de l'essence
<b>HUILE VEGETALE BRUTE DE COLZA</b>	<i>Non étudié</i>	0,53MJ (EE = 1,88) 51,2 à 69,8g éq CO <sub>2</sub> /MJ	EE = 3,80 IES de 4 à 10,5g éq CO <sub>2</sub> /MJ contre 79,3 pour le gasoil
<b>ESTER METHYLIQUE D'HUILE DE COLZA (DIESTER)</b>	EE = 2,99 IES = 23,7 éq CO <sub>2</sub> /MJ soit 30% de l'indicateur effet de serre du gasoil	0,61MJ (EE = 1,65) 43,2 à 56,8 g éq CO <sub>2</sub> /MJ	EE = 2,19 IES environ 20,3g éq CO <sub>2</sub> /MJ soit 26% de celui de gasoil

La différence des résultats entre l'étude ADEME – DIREM et l'analyse EDEN – RAC.F s'explique pour l'essentiel de la façon suivante :

- l'ADEME, considérant que sortie distillation, l'éthanol ne représente que 43% de la matière sèche totale, ne lui impute que 43% des coûts énergétique et des émissions de GES, les 57% restant étant imputés aux vinasses (imputation massique, cf. annexe 4)
- EDEN (et beaucoup d'autres) conteste ce mode de calcul. Nous avons retenu la méthode dite « systémique » recommandée par l'INRA (Sourie et al – INRA Grignon). Le biocarburant supporte la totalité des coûts énergétiques et des émissions de GES, diminués de l'économie réalisée par l'utilisation du coproduit en alimentation animale en remplacement du tourteau de soja (ou de blé pour les pulpes coproduit de l'éthanol de betterave, cf. annexe 5).

Même en tenant compte de l'économie d'énergie et d'émissions de GES obtenue grâce à l'utilisation du coproduit en alimentation animale, les résultats demeurent très en deçà de ceux publiés par l'ADEME, surtout pour la filière éthanol.

Les principales faiblesses de l'étude Ademe-Direm 2002 sont rappelées à l'annexe 6

L'éthanol de maïs, non étudié ne 2002, s'avère particulièrement catastrophique, puisque dans les meilleurs des cas son efficacité énergétique reste inférieure à 1, ce qui veut dire qu'il restitue moins d'énergie qu'il n'en faut pour le produire !

Circonstance aggravante, aujourd'hui, la quasi-totalité de l'éthanol produit en France est incorporée à l'essence sous forme d'ETBE (Ethyl Tertio Buthyl Ether) obtenu par réaction de

<sup>4</sup> IES : Indicateur effet de serre : en gramme équivalent CO<sub>2</sub> par Mégajoule (g éqCO<sub>2</sub>/MJ)

<sup>5</sup> EE, Efficacité énergétique.

l'éthanol sur l'isobutène. Au dire même de l'ADEME, la synthèse de l'ETBE à partir de ces 2 composants représente un surcoût énergétique de 5,44 MJ par kilo d'éthanol et un surcoût en émission de GES de 337 g eq CO<sub>2</sub> par kilo d'éthanol<sup>6</sup>.

Les bilans nets ainsi obtenus pour les différents éthanol sous forme d'ETBE sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Bilans énergétiques et Effet de serre des ETBE compte tenu des économies obtenues grâce à l'utilisation des coproduits en alimentation animale

ETBE	EE	IES (en G eq CO <sub>2</sub> / MJ)
Ethanol de blé	1.10	58
Ethanol de betterave	1.03	70
Ethanol de maïs	0.81	78

L'indicateur effet de serre de l'essence étant, selon l'étude ADEME – DIREM de 85,9 G eq CO<sub>2</sub> / MJ, sa substitution par l'ETBE, si elle convient bien aux pétroliers (qui conserve la haute main sur la synthèse de l'ETBE) et aux motoristes (l'ETBE est un additif déjà utilisé dans l'essence en remplacement du plomb), ne répond que faiblement à l'objectif de diminuer les émissions de GES.

Les promoteurs des filières éthanol rétorquent que le Brésil et les USA sont de gros producteurs d'éthanol et que par conséquent les bilans de ces filières sont nécessairement corrects. Mais le contexte est là-bas très différent d'ici :

- l'éthanol est utilisé en mélange direct dans l'essence par des véhicules dits « flex fuel » et non sous forme d'ETBE ;
- au Brésil, l'éthanol est produit à partir de la canne à sucre, culture pérenne (ou presque) à forte efficacité énergétique et nécessitant peu d'intrants. L'énergie nécessaire à la distillation est fournie par la combustion de la bagasse (canne dont on a extrait le jus sucré). L'efficacité énergétique de l'éthanol de canne à sucre est sans doute supérieure à 4, ce qui fait que c'est le seul éthanol à être compétitif par rapport aux carburants d'origine pétrolière aujourd'hui et aussi demain, car vu la quantité d'énergie fossile nécessaire pour produire nos éthanol européens (cf. tableau 1– 2<sup>ème</sup> colonne), il est illusoire d'espérer qu'avec un pétrole (donc un gaz naturel) très cher, nos éthanol deviennent compétitifs, car leur coût de production augmentera dans les mêmes proportions ;
- les USA sont devenu en 2005 le premier producteur d'éthanol au monde, à partir de maïs. Les bilans de l'éthanol de maïs sont, nous l'avons vu, désastreux, ici comme là-bas. Seulement les Etats-Uniens vivent le problème de la sécurisation de ses approvisionnements en carburant de manière obsessionnelle. Ils utilisent le charbon (ou le gaz naturel) comme énergie nécessaire au process de fabrication de l'éthanol. L'éthanol de maïs est un moyen de convertir le charbon en carburant, sans considération du rendement énergétique, ni de l'effet de serre qui ne sont pas leur priorité.

En ce qui concerne les filières oléagineuses dont les produits se substituent au gasoil, les résultats obtenus sont meilleurs. La filière ester méthylique d'huile végétale (Diester) présente une efficacité énergétique de 2,19 et permet de diviser par 4 les émissions de GES par rapport au gasoil. C'est cependant la filière huile végétale brute qui est la plus efficace avec une efficacité de 3,80 et qui permet de diviser environ par 10 les émissions de GES par rapport au gasoil.

Rappelons cependant que tous ces résultats sont obtenus **à condition de valoriser le coproduit en alimentation animale, en remplacement des tourteaux de soja.**

<sup>6</sup> Cf. rapport d'annexes Ademe 2002 pages 18 et 20

## RENTABILITE ECONOMIQUE DE LA PRODUCTION DE BIOCARBURANTS

Avec les bilans énergétiques qu'elles présentent, il est clair que les filières industrielles de production de biocarburants ne sont pas économiquement rentables.

Comment se fait-il alors que des groupes industriels se positionnent sur ce marché ?

C'est là que la défiscalisation des biocarburants entre en jeu. Le principe est simple : le consommateur qui achète le biocarburant à la pompe le paie au même prix que le carburant d'origine fossile, TIPP comprise. Seulement une partie importante de la TIPP est rétrocédée par l'état à l'industriel, en complément de son prix de vente, en vertu de l'agrément qu'il a obtenu.

Le coût de la défiscalisation pour chaque biocarburant est présenté dans le tableau 3. Il s'agit bien de recettes fiscales qui vont faire défaut à l'état et que celui-ci va nécessairement chercher à récupérer par d'autres moyens.

Cela fait dire au Conseil Général de l'Ecole des Mines de Paris, du Génie Rural des Eaux et Forêts et à l'Inspection Générale des Finances, dans le rapport que ces instances ont remis au gouvernement, à sa demande, en octobre 2005, que le plan biocarburant ne générera aucun emploi net du fait de la pression fiscale supplémentaire que devront supporter les ménages, qu'il n'y aura que des emplois maintenus surtout en milieu rural, coûtant chacun à la collectivité 80 000.00 € par an !

Le coût de la défiscalisation ramené à la matière première agricole utilisée et au baril de pétrole réellement économisé grâce au biocarburant est présentée dans le tableau 3.

Tableau 3 : Coût de la défiscalisation des biocarburants<sup>7</sup>

Biocarburant	Énergie fossile primaire mise en œuvre pour la production d'une Mégajoule (MJ) de biocarburant	Efficacité énergétique Compte tenu de l'économie réalisée grâce à l'utilisation du coproduit en alimentation animale	Coût de la défiscalisation du biocarburant	Coût de la défiscalisation ramené au quintal de grain utilisé	Coût de la défiscalisation ramené au baril de pétrole économisé
Ethanol de blé	0,91 MJ	1,43	0,37€/litre (sur 0,59€/litre pour l'essence sans plomb)	13,21€/qtal de blé	233€/baril (280\$/baril)
Ethanol de betterave	0,84 MJ	1,31	0,37€/litre (sur 0,59€/litre pour l'essence sans plomb)	4€/qtal de betterave (40€/tonne)	296€/baril (355\$/baril)
Ester méthylique d'huile de colza (Diester)	0,61 MJ	2,19	0,33€/litre (sur 0,42€/litre pour le gazole)	15,28€/qtal de colza	89€/baril (107\$/baril)
Huile brute de colza	0,53 MJ	3,80	0,057€/litre (sur 0,057€/litre pour le fioul domestique)	1,92€/qtal de colza	12€/baril (14\$/baril)

Pour les filières éthanol, il s'agit toujours d'éthanol utilisé en mélange direct dans l'essence et non pas d'ETBE. Les calculs pour l'ETBE conduisent à des résultats encore plus catastrophiques puisque l'éthanol utilisé dans l'ETBE bénéficie d'une défiscalisation encore plus forte (0,38 €/litre) pour une efficacité énergétique nettement moindre. Pour le blé, le

<sup>7</sup> sur la base du barème de défiscalisation de 2005

calcul donne un coût de défiscalisation de 13,57 € par quintal de blé (en 2005 le blé était payé à la moisson 9,50 €/quintal au producteur) et le coût en défiscalisation du baril de pétrole économisé grâce à l'ETBE de blé atteint 789 € !

Nous avons là l'illustration de ce que peut donner la puissance d'un lobby : obtenir des pouvoirs publics la mise en place d'un système qui va garantir à un groupe industriel une subvention qui va couvrir l'achat de sa matière première agricole ainsi que la masse salariale de l'unité de production, sans qu'il ne résulte en contrepartie de bénéfices environnementaux significatifs ! Comment des producteurs agricoles responsables peuvent-ils espérer la pérennité d'un tel système, à l'heure où des voix s'élèvent déjà pour dénoncer le niveau des subventions européennes aux productions agricoles (environs 50 % de son prix de vente pour le blé en primes PAC, non comptabilisées dans nos calculs) ?

Les filières oléagineuses présentent des résultats moins catastrophiques. Pour la filière diester, la défiscalisation représente tout de même plus des 2/3 du prix de vente de la graine de colza, ce qui reste excessif. Seul la filière huile brute présente de l'intérêt, surtout parce que le fioul domestique auquel l'huile se substitue est très peu taxé. Ainsi, la perte de recettes fiscales pour l'état est faible. Elle est même plus faible de ce qui est indiqué dans le tableau 3 car les agriculteurs qui en font la demande auprès de l'administration fiscale peuvent récupérer 5 centimes d'euro par litre de fioul domestique acheté en 2005 sur les 5,77 centimes d'euro de TIPP qu'ils ont payés. Ainsi le coût de la défiscalisation n'est en réalité que de 0,22 € par quintal de colza et 1,40 € par baril de pétrole économisé, ce qui est insignifiant.

Un bémol cependant : les filières huile brute ne sont pour l'instant pas encore compétitives si l'on compte le temps passé par l'agriculteur à la fabrication et l'amortissement complet du matériel. Des subventions à l'investissement et une démarche militante des agriculteurs sont nécessaires aujourd'hui pour le démarrage de ces filières, en attendant l'augmentation du cours du pétrole d'une dizaine de dollars supplémentaires.

Un critère utilisé pour juger de l'intérêt d'une filière de valorisation énergétique de la biomasse est le coût de la tonne équivalent CO<sub>2</sub> de gaz à effet de serre évitée.

Aujourd'hui, les projets d'utilisation de la biomasse à des fins thermiques (chaudières collectives à bois déchiqueté par exemple) nécessite des subventions qui s'élèvent à 30 €/tonne eq CO<sub>2</sub> évitée pour les gros projets, 60 € pour les projet individuels. Pour les biocarburants industriels, la défiscalisation représente des montants beaucoup plus élevés :

- pour les éthanol en mélange direct dans l'essence sur la base du barème de défiscalisation de 2005  
421 € / T eq CO<sub>2</sub> pour le blé  
618 € / T eq CO<sub>2</sub> pour la betterave  
821 € / T eq CO<sub>2</sub> pour le maïs
- pour les ETBE sur la base du barème de défiscalisation de 2005  
616 € / T eq CO<sub>2</sub> pour le blé  
1120 € / T eq CO<sub>2</sub> pour la betterave  
2155 € / T eq CO<sub>2</sub> pour le maïs
- pour le diester 162 € / T eq CO<sub>2</sub> évitée sur la base du barème de défiscalisation de 2005
- pour l'huile de colza 24 € / T eq CO<sub>2</sub> évitée, sur la base d'une taxation du fioul de 5,66 € pour 100 l, 2,8 € / T eq CO<sub>2</sub> si l'agriculteur récupère 5 € de TIPP pour 100 l de fioul.

Ces résultats se passent de commentaires. Même la filière diester coûte trop cher en défiscalisation au regard du bénéfice environnemental qu'elle apporte en terme de réduction des émissions de gaz à effet de serre. A l'opposé, la filière huile brute mérite vraiment d'être encouragée par des aides à l'investissement, mais qui ne seront plus nécessaires dans quelques temps.



## L'HYPOTHESE D'UNE VALORISATION EN ALIMENTATION ANIMALE DES COPRODUITS DES BIOCARBURANTS EST-ELLE REALISTE ?

La France importe chaque année 5,4 millions de tonnes de tourteaux de soja des Amériques.

- 2 millions de tonnes ne sont pas substituables (volumes consommés par les poulets abattus à 42 jours ou plus tôt, dont l'aliment doit être très concentré en protéines).
- Les agriculteurs qui produisent de l'huile brute vont prioritairement utiliser leur tourteau pour leurs animaux, ce qui pourrait représenter, à l'horizon 2010, 500 000 tonnes, vu le développement exponentiel des projets « Huile brute »
- ⇒ Il ne reste donc plus qu'à peine 3 millions de tonnes de tourteau de soja substituables par les coproduits des filières industrielles de biocarburants.
- ✎ Or, le plan gouvernemental prévoit, pour 2010, la production de :
  - 3 millions de tonnes de biodiesel (75%),
  - 1,1 million de tonnes d'éthanol (25%).
- Le biodiesel issu de colza et de tournesol va générer la production de l'équivalent de 3,4 millions de tonnes de tourteau de soja.
- ⇒ Les drêches de blé ne trouveront pas preneur sur le marché de l'alimentation animale. Elles sont en effet moins intéressantes pour les éleveurs que le tourteau de colza ou de tournesol :
  - moins riches en protéines,
  - plus chères à produire (à cause de la déshydratation).

Le développement de la filière éthanol de blé, qui n'est souhaitable ni du point de vue budgétaire, ni du point de vue environnemental paraît donc bien compromis.

Que faire des vinasses, s'il n'est pas possible de la valoriser en alimentation animale ? Certains proposent de brûler les drêches, comme d'ailleurs les pulpes, coproduits de l'éthanol de betterave, pour fournir l'énergie nécessaire au process industriel (à l'instar de la production d'éthanol de canne à sucre). Cette hypothèse, qui n'est pas du tout à l'ordre du jour chez les industriels, paraît peu réaliste. En effet les pulpes de betterave ou les vinasses de blé et de maïs sortent des unités de productions avec des teneurs en matières sèches inférieures à 20 %. Il est possible de concentrer cette matière sèche par des moyens mécaniques (centrifugation, pressage) jusqu'à environ 35 % mais cela demeure insuffisant pour en faire un combustible efficace, la plus grande partie de la chaleur produite servant à vaporiser l'eau résiduelle. La solution la plus élégante consisterait à méthaniser ces coproduits et d'utiliser le biométhane produit pour fournir l'énergie nécessaire au process industriel. Les calculs montrent que si pour la filière éthanol de betterave le biométhane produit par méthanisation des pulpes ne pourrait fournir que la moitié des besoins énergétiques du process industriel, en revanche la méthanisation des vinasses de distillation de l'éthanol de blé ou de maïs permettrait de couvrir presque intégralement les besoins énergétiques du process (cf. annexe 7). Cette solution présente en outre l'avantage de pouvoir recycler la totalité des éléments fertilisants (N,P,K) par épandage des boues de digestion sur les terres agricoles, ce qui accroît notablement l'efficacité énergétique de la culture, donc, par ricochet, celle de l'éthanol produit. Un obstacle majeur cependant à cette solution : la taille des installations de méthanisation et le rayon d'épandage des boues de digestion, assez pauvre en matière sèche et qu'il est impossible de concentrer sans perdre la plus grosse partie de l'azote (essentiellement ammoniacal) qu'elles contiennent. Selon SOLAGRO, l'usine BENP-TEREOS de Lillebonne de 200 000 tonnes d'éthanol / an nécessiterait des installations de méthanisation équivalentes à celle d'une station d'épuration traitant les effluents d'une agglomération de 15 millions d'habitants, soit 2,5 fois la taille de la station d'épuration d'Achères ! Par ailleurs, le rayon d'épandage des boues de digestion serait d'au moins 100 Km autour de l'usine, ce qui est irréaliste pour un effluent contenant moins de 8 % de matière sèche. Cette solution ne paraît donc envisageable que pour des unités de moins de 60 000 T d'éthanol / an.

Sur proposition du représentant de BENP à son comité de pilotage, l'étude ADEME-DIREM 2002 envisage dans le cadre de ses scénarios prospectifs à l'horizon 2009, qu'une partie de la vapeur nécessaire au process soit fournie par une chaudière à paille (dont le rendement serait de 93 %, ce qui paraît très futuriste). Cette hypothèse, qui semble d'ailleurs n'être que de pure forme, puisqu'aucun des projets BENP-TEREOS en cours ne retient cette solution, néglige complètement le rôle fondamental des pailles dans l'entretien du stock de matière organique des sols agricoles. L'enfouissement des pailles en l'état ou sous forme de fumier permet en effet de maintenir le taux d'humus du sol, préservant sa fertilité organique et sa stabilité structurale. L'exportation des pailles et leur combustion en chaudière entraînera une baisse du taux de matière organique des sols et donc un déstockage du CO<sub>2</sub> qui y est séquestré. De ce fait, la combustion des pailles n'engendre que peu d'économie d'émissions de GES par rapport à l'utilisation de combustible d'origine fossile, en plus des problèmes agronomiques qu'elle pose .

Les besoins en chaleur des unités de production d'éthanol sont importants, mais il s'agit de niveaux de chaleur peu élevés (150°C, vapeur à 4 bars). Dans ces conditions ne peut-on envisager que ces unités soient adossées à des installations industrielles générant beaucoup de chaleur fatale (raffinerie, cimenterie, fonderies, centrales électriques thermiques ou nucléaires) ?

Ou bien produire cette chaleur avec des énergies renouvelables (solaire + bois par exemple). Il est vrai qu'il est tellement plus simple d'ouvrir une vanne de gaz naturel...

## CONCLUSION

Le plan biocarburants du gouvernement VILLEPIN prévoit à l'horizon 2010 la substitution de 7 % des carburant d'origine fossile (2,9 millions de TEP de gazole et 0,7 millions de TEP d'essence) par des biocarburants (3,2 millions de tonnes de biodiesel et 1 million de tonnes d'éthanol).

Ce plan, qui permettra l'économie de 7,8 millions de T eq CO<sub>2</sub> / an (sur les 180 millions générées par les transports routiers) va coûter au budget de l'état, à cause de la défiscalisation, sur la base du barème de défiscalisation de 2005, 1,64 milliard d'euro, pour une économie nette de 1,72 millions de TEP de carburants d'origine fossile, ceci dans l'hypothèse ou l'éthanol est utilisé en mélange direct dans l'essence (et non sous forme d'ETBE, comme c'est le cas aujourd'hui) et ou tous les coproduits sont valorisés en alimentation animale en remplacement du tourteau de soja importé.

Gageons qu'aucune de ces hypothèses ne sera vérifiée, sans parler du fait qu'il faudra trouver 2,5 millions d'hectares pour produire les volumes nécessaires, sur les 16 millions d'hectares aujourd'hui en cultures annuelles (soit 16 %).

Ce scénario repose par ailleurs sur les deux hypothèses suivantes :

- que la communauté nationale accepte de payer le prix de ce plan, alors que déjà des voix s'élèvent pour dénoncer le coût du soutien public à l'agriculture (Politique Agricole Commune) non pris en compte dans nos calculs ;
- que les pays tiers tels que le Brésil, ayant déjà clairement affirmé son intention d'exporter son éthanol, le seul qui soit compétitif, vont rester les bras croisés à regarder l'Europe développer une production d'éthanol perfusée aux subventions et générant des coproduits limitant par ailleurs ses importations de soja, sans penser à aller attaquer lesdites subventions devant la toute puissante OMC...

L'association EDEN considère que les objectifs du plan biocarburants, qui découle de l'engagement de la France, dans le cadre de la signature du protocole de Kyoto, de ramener en 2010, ses émissions de GES à leur niveau de 1990, peuvent être atteints en substituant à une partie des 18 millions de TEP de fioul domestique utilisées chaque année en France pour la carburation des engins agricoles, des bateaux et pour le chauffage, à de l'huile végétale brute pour les usages en carburation, à du biométhane ou du bois pour les usages à des fins thermiques, ces 2 dernières sources d'énergie n'étant pas ou peu concurrentes des cultures alimentaires (voir un exemple en annexe 8).

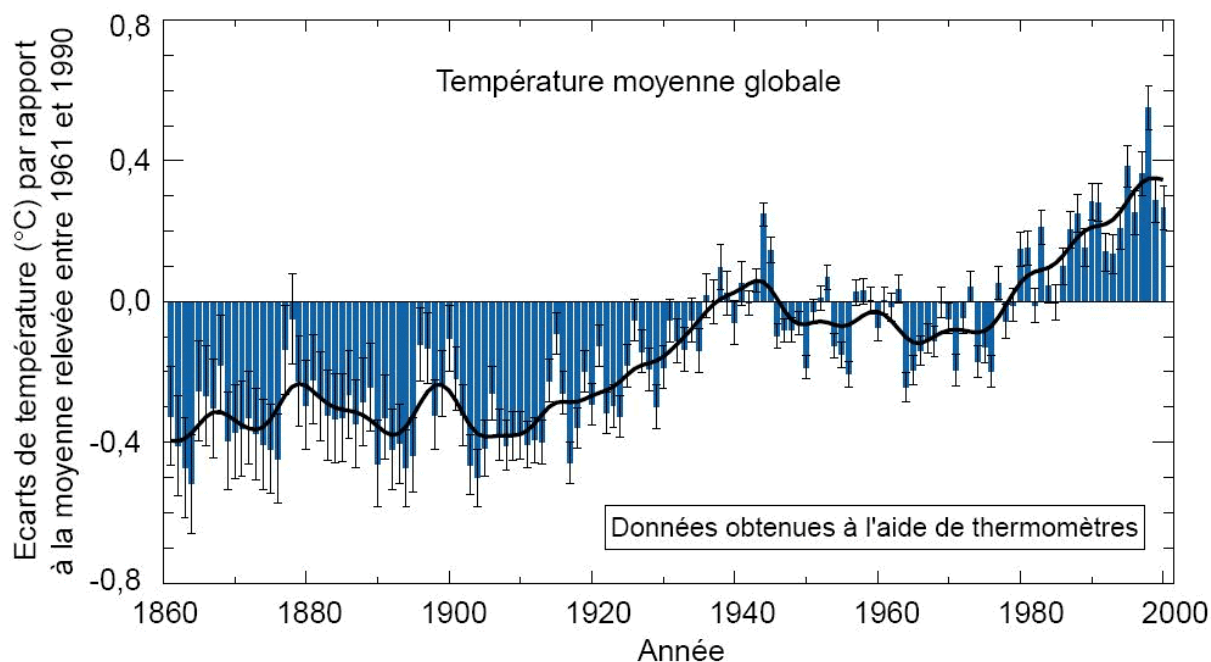
Les 7,8 millions de T eq CO<sub>2</sub> économisées auront un coût de défiscalisation presque nul pour le budget de l'état, le fioul domestique étant aujourd'hui très peu taxé et nécessitant une aide ponctuelle à l'investissement équivalente de 30 à 40 € / T eq CO<sub>2</sub> économisée, aide qui pourra être revue à la baisse au fur et à mesure de l'augmentation du prix du pétrole.

L'idée de faire rouler nos automobiles avec des biocarburants, qu'ils soient de première ou deuxième génération (cf. annexe 9), toute plaisante qu'elle soit pour les agriculteurs, est néanmoins complètement chimérique dès lors que l'on considère les niveaux de production nets de biocarburants par hectare, au regard des 48 millions de TEP utilisées chaque année en France pour les transports routiers. Dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres, il est clair que nos modes de consommation vont devoir évoluer de manière radicale.

## ANNEXE 1 : Gaz à effet de serre et réchauffement climatique

Les travaux des paléo-climatologues ont démontré sans équivoque la corrélation entre température moyenne à la surface de la planète et le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Celui-ci était de 250 ppm (partie par million) en 1800, avant que l'homme ne se mette à déstocker massivement le carbone séquestré dans les couches géologiques (sous forme de charbon, puis de gaz et de pétrole) pour couvrir ses besoins énergétiques.

Le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère atteint aujourd'hui 386 ppm, avec une augmentation très rapide depuis 30 ans.



En 1992, au Sommet de la Terre à Rio, la plupart des pays du monde ont pris conscience de l'ampleur du problème et la Convention-cadre des Nations unies sur les Changements Climatiques est ouverte à la signature. Elle entre en vigueur en mars 1994. Le protocole à la Convention sur le climat est adopté à Kyoto en 1997. Ce « Protocole de Kyoto » engage les pays industrialisés à réduire leurs émissions de GES de 5,2% en moyenne d'ici 2012, par rapport au niveau de 1990.

La France a un objectif de stabilisation, c'est-à-dire qu'elle doit avoir le même niveau d'émissions de gaz à effet de serre en 2012 que celui de 1990.

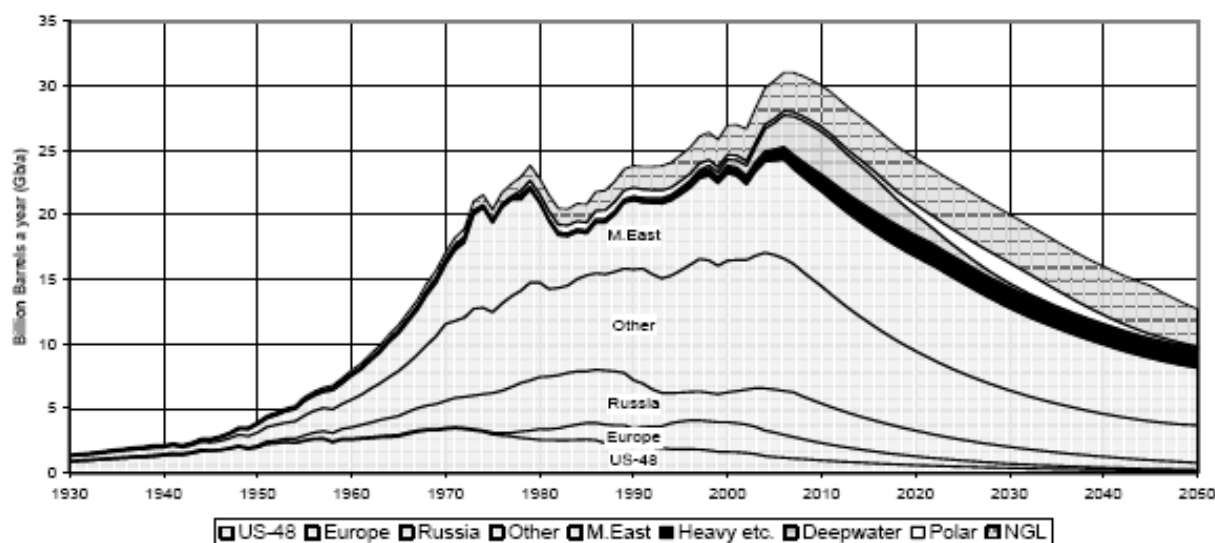
L'action de certains lobbies agricoles et agroindustriels, tant à Bruxelles qu'à Paris, ont conduit les décideurs politiques à privilégier le développement des biocarburants, comme un des moyens pour respecter l'objectif de la France dans le cadre du Protocole de Kyoto, sans prendre le temps de réfléchir suffisamment à d'autres solutions plus efficaces et moins coûteuses.

## ANNEXE 2 : Le pic de HUBBERT, ou la fin du pétrole a bon marché ?

Le géologue américain Hubbert a mis au point une méthode de **prévision de la production pétrolière** en fonction du rythme de découverte de nouveaux gisements. Aujourd'hui, on découvre 1 baril de pétrole dans un nouveau gisement pendant qu'on en consomme 5 dans les gisements en exploitation.

D'après la méthode de Hubbert, des scientifiques indépendants ont établi, en 2004, le graphique suivant :

### Le Pic de HUBBERT



La **production mondiale de pétrole va culminer** à 30 milliards de barils par an **vers 2007**, puis décroître d'environ 500 millions de barils chaque année. Le Pic de Hubbert n'est pas la fin du pétrole (nous n'avons épuisé que la moitié des réserves mondiales), c'est la **fin du pétrole peu cher**. En effet, l'élasticité de la demande en pétrole par rapport à son prix étant faible, les cours vont très fortement augmenter dès que l'offre décrochera de la demande qui, elle, croît depuis 20 ans de 1,6% par an. Certains spécialistes estiment que le baril devrait se stabiliser autour de 250\$ pendant une dizaine d'année, période pendant laquelle le gaz naturel se substituera en partie au pétrole. 250 dollars le baril est par ailleurs le cours qui permet d'exploiter les gisements non conventionnels (polaires, en eaux profondes, huiles lourdes...). On atteindra ensuite le pic de gaz naturel et **les prix s'envoleront** alors à des niveaux très élevés.

**En agriculture**, le progrès technique a depuis 60 ans, permis d'accroître considérablement la productivité du travail humain (dans un rapport de 1 à 30 pour les productions animales, jusqu'à 1 à 500 dans certaines productions végétales) mais au prix **d'une augmentation de la consommation d'énergie fossile** colossale. Une révolution nous attend donc : raisonner désormais la consommation d'énergie comme nous l'avons fait, depuis trois générations, pour l'emploi de la main d'œuvre. Sauf que là, nous n'avons que quelques années pour le faire.

### ANNEXE 3 : Indicateur effet de serre des biocarburants

L'étude ADEME-DIREM 2002 a établi le bilan des émissions de gaz à effet de serre pour 3 flux : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O avec des pouvoirs de réchauffement global, respectivement de 1,23 et 296 (coefficient IPCC 2002).

Le CH<sub>4</sub> (méthane) n'intervient que très faiblement dans le bilan total des biocarburants car les émissions de méthane proviennent essentiellement des élevages.

Les émissions de CO<sub>2</sub> prises en compte sont dues à l'utilisation de sources d'énergies fossiles.

Les émissions de N<sub>2</sub>O proviennent du cycle de l'azote.

L'étude ADEME-DIREM 2002 a très largement sous-estimé ce dernier poste, il vrai très difficile à quantifier. Elle s'est bornée à prendre en compte :

- Le N<sub>2</sub>O généré en usine pendant la synthèse des engrais azotés ;
- Le N<sub>2</sub>O généré au champ selon la convention suivante, présentée page 23 du rapport technique : seul l'apport d'azote minéral a été pris en compte dans le calcul de la conversion en protoxyde d'azote, avec des coefficients de 0,5 % pour le blé et le colza et de 1,6 % pour la betterave.

Cette hypothèse paraît aujourd'hui très optimiste. Pour notre part, nous avons considéré que c'était la totalité des besoins en azote de la plante qu'il fallait prendre en compte avec un coefficient de conversion en N<sub>2</sub>O de 1 % dans l'hypothèse basse et de 2 % dans l'hypothèse haute.

A noter cependant que nous avons imputé l'essentiel de l'effet de serre N<sub>2</sub>O au coproduit utilisé en alimentation animale quand celui-ci contient l'essentiel de l'azote du grain.

**ANNEXE 4 : Imputation des coûts énergétiques et effet de serre aux coproduits.  
Quelle règle choisir ?**

C'est de ce choix que découlent les différences de résultats que l'on observe d'une étude à l'autre.

Certains auteurs (Pimantel, Jancovici) considèrent que l'objectif de ces filières étant de produire des biocarburants, ceux-ci doivent supporter en totalité les coûts énergétiques et émissions, ce qui conduit évidemment à des bilans désastreux.

D'autres équipes, plus nombreuses, retiennent, du moins pour l'allocation des coûts énergétiques aux coproduits, la règle de l'imputation au contenu énergétique : les coûts sont répartis proportionnellement à l'énergie contenue dans chacun des coproduits.

Pour l'étude ADEME-DIREM 2002, c'est l'imputation massique qui a été retenue, comme nous l'avons vu. Cette règle n'est absolument pas adaptée aux biocarburants, dont la fabrication consiste, à partir d'une matière première agricole, de concentrer l'énergie par un moyen physique ou biochimique, sur un coproduit (le biocarburant), l'autre ayant une densité énergétique beaucoup plus faible. L'imputation massique, adaptée aux analyses de cycle de vie des produits pétroliers car les différents coproduits possèdent des densités énergétiques équivalentes, favorise outrageusement le bilan du biocarburant. Aucune étude objective dans le monde n'utilise cette méthode pour l'ACV des biocarburants.

Le bureau d'étude Price Waterhouse-Coopers a d'ailleurs proposé au comité de pilotage d'allouer l'intégralité des consommations et émissions du procédé au produit (i.e. au biocarburant, cf. page 20 du rapport technique). Cette proposition, qui aurait évidemment conduit à alourdir considérablement les bilans des biocarburants, n'a pas été retenue par le comité de pilotage, composé majoritairement de personnes ayant des intérêts dans le développement des biocarburants.

D'autres méthodes sont proposées dans la littérature. Celle que nous avons retenue pour l'étude EDEN-RAC.F nous paraît la plus objective.

**ANNEXE 5: Bilans énergétiques et effet de serre des filières de production biocarburants (tableau de calculs)**

Biocarburant (rendement, productivité brute)	Coûts énergétiques de production				Besoin en azote de la culture (apport minéral)	Indicateur effet de serre (g eq CO <sub>2</sub> /Kg de biocarb.)
	Culture	Transport	Process	Total		
Éthanol de blé : 90 qx/ha, 2,55 t éthanol/ha (3,5 Kg blé/Kg éthanol)	18,9 GJ/ha EE=7,1 7,41 MJ/Kg éthanol	0,2 MJ/Kg éthanol	16,7 MJ/Kg éthanol	24,3 MJ/Kg éthanol	270 U d'N/ha dont 184 U d'N de synthèse	CO <sub>2</sub> : 1361 N <sub>2</sub> O : 690 à 1175 Total : 2051 à 2536 g eq CO <sub>2</sub> /Kg éthanol
Éthanol de maïs : 110 qx/ha, 3,18 t éthanol/ha (3,5 Kg maïs/Kg éthanol)	47 GJ/ha (avec irrigation et séchage du grain) EE=3,8 14,8 MJ/Kg éthanol	0,2 MJ/Kg éthanol	16,7 MJ/Kg éthanol	31,7 MJ/Kg éthanol	275 U d'N/ha dont 200 U d'N de synthèse	CO <sub>2</sub> : 1175 N <sub>2</sub> O : 577 à 980 Total : 2352 à 2755 g eq CO <sub>2</sub> /Kg éthanol
Éthanol de betterave à sucre : 66,2 t/ha, 5,78 t éthanol/ha (11,45 Kg bett./Kg éthanol)	20 GJ/ha 3,46 MJ/Kg éthanol	0,4 MJ/Kg éthanol	18,7 MJ/Kg éthanol	22,6 MJ/Kg éthanol	320 U d'N/ha dont 140 U d'N de synthèse	CO <sub>2</sub> : 1401 N <sub>2</sub> O : 326 à 583 Total : 1727 à 1984 g eq CO <sub>2</sub> /Kg éthanol
Huile brute de colza : 33,2 qx/ha, 1 t huile brute/ha (3,3 Kg graine/Kg HB)	18 GJ/ha EE=4,2 18 MJ/Kg HB	0	1,8 MJ/Kg HB	19,8 MJ/Kg HB	150 U d'N/ha dont 120 U d'N de synthèse	CO <sub>2</sub> : 871 N <sub>2</sub> O : 1033 à 1729 Total : 1904 à 2600 g eq CO <sub>2</sub> /Kg HB
EMHV de colza : 33,2 qx/ha, 1,37 t EMHV/ha (2,4 Kg graine/Kg EMHV)	18 GJ/ha EE=4,2 13,1 MJ/Kg EMHV	0,7 MJ/Kg EMHV (dont 0,5 de séchage du grain)	8,89 MJ/Kg EMHV *	22,7 MJ/Kg EMHV	150 U d'N/ha dont 120 U d'N de synthèse	CO <sub>2</sub> : 863 N <sub>2</sub> O : 752 à 1261 Total : 1615 à 2124 g eq CO <sub>2</sub> /Kg EMHV

\* + 3,24 MJ/KgEMHV pour la synthèse du méthanol



**ANNEXE 5 (suite) : Conséquences sur les bilans de la valorisation en alimentation animale des coproduits**

Biocarburant	Coproducts valorisé en alimentation animale		Bilan net après déduction de l'économie par le coproduits	
	Nature - Quantité - Valeur	Équivalence retenue	Énergie	Effet de serre
Éthanol de blé	Drèches sèches : 1,3 kg par kg d'éthanol à 33,8% prot. brutes et 0,96 UFL/Kg	1,10 Kg de tourteau de soja 46 / kg d'éthanol	1,10 Kg de tourteau de soja 46 = 5,49 MJ EE= 26,8/(24,3-5,5) = 1,43	829 à 1349 g eqCO <sub>2</sub> IES = environ 1200 g eq/Kg soit 45 g eqCO <sub>2</sub> /MJ
Éthanol de maïs	Drèches sèches : 1,3 kg par kg d'éthanol à 24,6% prot. brutes et 0,97 UFL/Kg	1,2 Kg mélange : 50% blé + 50% tourteau soja 46 / Kg éthanol	1,2 Kg mélange = 4,44 MJ EE= 26,8/(31,7-4,4) = 0,98	624 à 991 g eqCO <sub>2</sub> IES = environ 1745 g eq/Kg soit 65 g eqCO <sub>2</sub> /MJ
Éthanol de betterave	Pulpes sèches : 1 kg par kg d'éthanol à 8% prot. brutes et 0,89 UFL/Kg	0,9 Kg de blé / Kg éthanol	0,9 Kg de blé = 2,2 MJ EE= 26,8/(28,5-2,2) = 1,31	257 à 383 g eqCO <sub>2</sub> IES = 1470 à 1601 g eq/Kg soit 54,9 à 59,7 g eqCO <sub>2</sub> /MJ
Huile brute de colza	Tourteau gras (13% MG): 2,3 kg/kg HB à 28% de prot. Brute et 1,15 UFL/Kg	2 Kg de tourteau de soja 46 / Kg d'huile brute	2 Kg de tourteau de soja 46 = 10 MJ EE = 37,2/(19,8-10)=3,80	1508 à 2452 geqCO <sub>2</sub> IES = environ 148 à 396 geq/Kg soit 4 à 10,6 geqCO <sub>2</sub> /MJ
EMHV de colza	Tourteau sec (2,3% MG): 1,4 kg/kg EMHV à 33,7% de prot. brute et 0,85 UFL/Kg (glycérine : 0,1 kg/kg EMHV)	1,12 Kg de tourteau de soja 46 / Kg d'EMHV (glycérine équivalent au méthanol)	1,12 Kg de tourteau de soja 46 = 5,6 MJ EE= 37,4/(22,7-5,6) = 2,19	844 à 1373 g eqCO <sub>2</sub> IES = 751 à 771 g eq/Kg soit environ 20,3 g eqCO <sub>2</sub> /MJ

Le coût de production du Kg de blé est évalué à 2,44 MJ et 286 à 426 eq CO<sub>2</sub> par Kg. Le calcul pour le tourteau de soja a été fait selon les hypothèses suivantes : 1 kg de graines de soja donne 180g d'huile et 820g de tourteau de soja 46. Le coût de culture d'1 kg de graine de soja s'élève à 4 MJ et 387 à 775 g eq CO<sub>2</sub> / kg (pas d'azote minéral).

Énergie : imputation au contenu énergétique (36% huile de soja, 64% tourteau). Effet de serre N<sub>2</sub>O : imputé en totalité au tourteau qui contient la totalité de l'azote. Pour 1 Kg de tourteau de soja : 4,99 MJ/Kg et 754 à 1226 g eq CO<sub>2</sub> / Kg

EDEN a publié en 2005 une analyse approfondie de l'étude de « référence » ADEME-DIREM 2002, pointant certaines lacunes, dont nous rappelons ici les plus graves, afin que le lecteur ne considère la dite étude que pour ce qu'elle vaut.

L'allocation des coûts énergétiques et émissions de GES aux coproduits selon l'imputation massique n'est pas adapté aux biocarburants (cf. annexe 5). Mais plus grave, les calculs concernant l'éthanol de blé n'ont pas été fait correctement : l'imputation s'est appliquée au prorata des masses de matière sèche des coproduits issus de la distillation soit 43 % à l'éthanol et 57 % aux vinasses (cf. page 21 du rapport technique) en négligeant la masse de CO<sub>2</sub> fermentaire (96 kg pour 100 kg d'éthanol). Ainsi les vinasses ont supportées 57 % des coûts des étapes en amont de la fermentation (culture, transport, préparation et fermentation) et l'éthanol 43 % seulement alors qu'en toute logique il faut aussi lui affecter la part qui aurait dû revenir à la masse de CO<sub>2</sub> fermentaire, produite en même temps que l'éthanol, mais à laquelle on ne peut rien imputer puisqu'il s'agit d'un déchet.

La bonne règle de calcul d'imputation massique à appliquer était donc, pour les étapes en amont de la fermentation :

- vinasses 57 kg
- éthanol 43 kg
- CO<sub>2</sub> 41 kg

Soit 84 kg de glucose fermenté sur 141 kg au total et donc 60 % des coûts à l'éthanol et 40 % aux vinasses pour les étapes en amont de la fermentation.

Cette erreur est trop grossière pour que les ingénieurs du bureau d'étude Price Waterhouse-Coopers, dont c'est le métier de faire des Analyses de Cycle de Vie, puissent invoquer leur bonne foi.

Concernant la filière éthanol de betterave, une très grave anomalie apparaît à l'analyse des coûts énergétiques et émissions des GES imputés aux étapes distillation et déshydratation de l'éthanol qui représentent au total 5,2 MJ / kg d'éthanol et 249 g eq CO<sub>2</sub> / kg d'éthanol pour la filière betterave, alors que ces coûts s'élèvent respectivement à 17 MJ / kg et 1131 g eq CO<sub>2</sub> / kg pour l'éthanol de blé, pour des opérations exactement similaires, la distillation à double effet utilisée dans la filière betterave ne pouvant pas expliquer une telle différence. Là encore, l'aveuglement des ingénieurs du bureau d'étude prête à conjectures.

Pour l'étude EDEN-RAC.F 2006, nous avons considéré des coûts de process pour l'éthanol de blé inférieur de 20 % à ceux calculés à partir de l'étude ADEME-DIREM 2002 pour tenir compte des progrès techniques. Ce même chiffre a été retenu pour l'éthanol de maïs. L'éthanol de betterave a supporté un surcoût de 2 MJ / kg pour tenir compte du coût de concentration des jus de diffusion en sirops nécessaire pour la production d'éthanol en inter campagne betteravière.

Pour les scénarios prospectifs, les 2 salariés du lobby de l'éthanol membres du comité de pilotage ont insisté auprès de leurs collègues pour qu'une part des coûts et émissions soit affectée à la masse de CO<sub>2</sub> fermentaire, au motif qu'elle pouvait être récupérée pour des usages industriels, notamment la fabrication de boissons gazeuses. Pour fixer les idées, une usine produisant 200 000 t d'éthanol par an (donc 192 000 t de CO<sub>2</sub>) pourrait fournir chaque année, à chacun des 60 millions de consommateurs français, plus de 600 litres d'eau gazeuse !

Prudents, nos 2 éthanoliers ont fait valoir que 70 % du CO<sub>2</sub> fermentaire seulement serait valorisés. Le comité de pilotage a avalisé une imputation massique des coûts et émission au CO<sub>2</sub> au seul bénéfice de l'éthanol, alors que, comme nous l'avons vu plus haut, les coûts et émissions imputables au CO<sub>2</sub> ont été majoritairement alloués aux vinasses !

Plus sérieusement, la récupération du CO<sub>2</sub> fermentaire, si elle permet d'améliorer la rentabilité économique de l'usine, n'autorise absolument pas une imputation car le CO<sub>2</sub> fermentaire a été compté pour 0 dans le bilan effet de serre (étant d'origine biomasse) et n'a aucune valeur énergétique.

La règle que nous avons retenue pour l'allocation aux coproduits permettrait d'affecter une partie des coûts énergétiques et émissions au CO<sub>2</sub> récupéré si cette opération conduisait à une économie d'énergie et d'effet de serre. Il n'en n'est rien puisque le CO<sub>2</sub> utilisé dans l'industrie provient toujours de récupération sur d'autres installations industrielles, récupération qui génère des coûts sans doute identiques à ceux qu'auront les éthanolières. Une fois encore, la conscience professionnelle des salariés du bureau d'étude Price Waterhouse-Coopers ayant travaillé sur ce dossier paraît des plus souples.

	<b>Coproduits et résidus</b>	<b>Combustion</b>	<b>Méthanisation</b>
<b>Éthanol de blé</b>	Vinasses (11,3% MS) 1,3kg MS/ kg éthanol	x	15,5 MJ/Kg MS - digestibilité 81% - > 12,6 MJ/Kg MS soit 16,3 MJ/Kg éthanol (98% du coût de process)
	Pailles (88% MS) 1,2 kg MS / kg éthanol	14,8 MJ/Kg MS soit 17,7 MJ/Kg éthanol -> 106% du coût de process	14,8 MJ/Kg MS - digestibilité 38% - > 5,6 MJ/Kg MS soit 6,7 MJ/Kg éthanol (40% du coût de process)
<b>Éthanol de maïs</b>	Vinasses < 12% MS 1,3 kg MS/kg éthanol	X	15,5 MJ/Kg MS - digestibilité 81% - > 12,6 MJ/Kg MS soit 16,3 MJ/Kg éthanol (98% du coût de process)
	Rafles et Spathes (25% MS) 4,9 kg / kg éthanol	14,3 MJ/Kg MS soit 36,5 MJ/Kg d'éthanol -> 218% des coûts de process	14,3 MJ/Kg MS - digestibilité 53% - > 7,6 MJ/Kg MS soit 19,3 MJ/Kg éthanol (116% du coût de process)
<b>Éthanol de betterave</b>	Pulpes < 15% MS 0,9 kg MS / kg éthanol	X	13,7 MJ/Kg MS - digestibilité 82% - > 11,2 MJ/Kg MS soit 10,1 MJ/Kg éthanol (54% du coût de process)
	Verts et collets (13% MS) 7,6 kg /kg d'éthanol	X	12,7 MJ/Kg MS - digestibilité 79% - > 10 MJ/Kg MS soit 9,9 MJ/Kg éthanol (53% du coût de process)
<b>Huile brute de colza</b>	Pailles et siliques (86% MS) 3,5 kg/kg HB	14,1 MJ/kg MS soit 42,4 MJ/Kg HB -> 76 fois le coût de process	14,1 MJ/Kg MS - digestibilité 38% - > 5,36 MJ/Kg MS soit 16,1 MJ/Kg HB (9 fois le coût de process)
<b>EMHV de colza</b>	Pailles et siliques (86% MS) 2,5 kg /kg EMHV	14,1 MJ/Kg MS soit 30,3 MJ/KG EMHV -> 5,4 fois le coût de process	14,1 MJ/Kg MS - digestibilité 38% - > 5,36 MJ/Kg MS soit 11,5 MJ/Kg EMHV (204% du coût de process)

## ANNEXE 7 (suite) : Valorisations énergétiques des coproduits et résidus de culture des biocarburants

Les données de densité énergétique des coproduits et résidus de culture, ainsi que de leur digestibilité proviennent des tables d'alimentation des ruminants de l'INRA.

L'hypothèse d'une valorisation par combustion des vinasses de distillation de l'éthanol de blé et de maïs, des pulpes, vert et collets de betteraves n'a pas été étudiée, ces produits étant trop riches en eau. La combustion des cannes, rafles et spathes de maïs paraît elle-même peu réaliste, ces produits ne contenant à la récolte que 52 % de matière sèche, le résultat indiqué supposant que l'on ait au préalable porté ces produits à 85 % de matière sèche.

Nous n'avons pas étudié la valorisation énergétique des tourteaux de colza, riches en protéine, qu'il est ridicule de ne pas valoriser en alimentation animale.

La valorisation énergétique des résidus de culture du maïs et surtout de la betterave paraît techniquement peu réaliste. Il serait en effet nécessaire de récolter ces produits au champ puis de les ensiler, leur teneur en eau ne permettant pas de les stocker tels quels.

La méthanisation des vinasses de blé redonne de l'intérêt à cette filière, hormis les réserves formulées dans le rapport sur la taille des installations de méthanisation et le rayon d'épandage des boues peu concentrées en matière sèche. Peut-être serait-il possible de résoudre partiellement ce dernier point en concentrant les vinasses avant leur introduction dans le digesteur, en effectuant une séparation de phases des boues de digestion, la fraction liquide, riche en ammoniacque pouvant être recyclée dans le digesteur, en mélange avec de la paille.

Scénario	Plan gouvernemental biocarburants 2010	Scénario huile brute 2010
Biocarburants produits	Biodiesel : 3 232 000 T Ethanol : 1 042 000 T Total : 4 274 000 T	Huile brute : 800 000 T + pailles de colza valorisées en chauffage
TEP de carburant fossile substituées	Diesel : 2,86 10 <sup>6</sup> tep essence : 0,66 10 <sup>6</sup> tep (7% de la consommation du transport routier)	0,709 10 <sup>6</sup> tep de fioul domestique (35% de la consommation de l'agriculture) + 0,576 10 <sup>6</sup> tep en chauffage (paille)
Economie d'émission de GES/an	7,766 10 <sup>6</sup> tep CO <sub>2</sub> /an	4,01 10 <sup>6</sup> tep CO <sub>2</sub> /an
TEP de carburants fossile économisées / an (coproduits valorisés en alimentation animale)	1,72 10 <sup>6</sup> tep	1,1 10 <sup>6</sup> tep
Coût pour le budget de l'Etat	1,64 milliards d'euro par an en défiscalisation sur la base du barème de défiscalisation de 2005	103 millions d'euro par an, surtout en aides à l'investissement
Surfaces agricoles mises en œuvre	2,5 millions d'ha au moins	800 000 ha

Le scénario huile brute de colza, avec valorisation des pailles en chaudière en substitution au fioul, coûterait 16 fois moins au budget de l'Etat que le plan biocarburants pour une économie d'émissions de GES de plus de la moitié.

## ANNEXE 9 : Les biocarburants de seconde génération

De nombreux projets existent de biocarburants dits de 2<sup>ème</sup> génération, utilisant la plante entière, selon 2 voies :

- La fermentation directe de la cellulose en éthanol, grâce à des bactéries capables d'effectuer cette opération ;
- La gazéification de la biomasse, sous l'action de la chaleur essentiellement, formant du méthane, de l'hydrogène et du monoxyde de carbone, ces gaz permettant ensuite la synthèse catalytique de carburants à chaîne carbonée plus ou moins longue.

Cependant, au dire de l'ADEME, si toute l'énergie nécessaire au process est fournie par la biomasse elle-même, 1 tonne de matière sèche de biomasse permet la production de 110 à 180 kg de carburant. Pour un rendement moyen de 10 tonnes de matière sèche par ha, cela donne 1100 à 1800 kg de carburant à l'hectare. La totalité des 27 millions d'hectare de surface agricole utile française ne suffirait pas pour produire les 48 millions de TEP utilisées chaque année en France pour le transport routier.

Selon les travaux de l'équipe de chercheurs du professeur Lucas qui s'est occupée de ces questions dans les années 80 au CEMAGREF, la solution la plus économe en surface agricoles ou forestières serait la gazéification à l'arc électrique de la biomasse en présence d'hydrogène, suivie de la synthèse catalytique selon le procédé Fischer-Tropsch. Pour produire 48 millions de TEP de carburant, il faudrait 20 millions de tonnes de biomasse (matière sèche), soit la production de 2 millions d'hectare et 45 millions de TEP d'électricité (production d'hydrogène plus gazéification à l'arc).

Il est clair que ce procédé ne présente pas d'intérêt si l'électricité n'est pas produite avec des énergies renouvelables, puisqu'il faut environ 3 TEP d'énergie fossiles ou nucléaire pour faire 1 TEP d'électricité. 45 millions de TEP électrique représente la production annuelle de dizaines de milliers de grosses éoliennes de 2 Mégawatt sur le territoire national...

D'après la bibliographie, le biocarburant qui présente la meilleure productivité nette par hectare est l'huile brute produite à partir de cultures d'algues unicellulaires de la famille des diatomées. Selon un article d'Olivier Daniello paru dans le numéro 255 de « Biofutur » (mai 2005), ces cultures d'algues auraient un rendement 30 fois supérieur à un champ de tournesol. Deux conditions sont cependant nécessaires :

- disposer d'une source de dioxyde de carbone qui enrichit le milieu de culture ;
- être situé dans une zone bénéficiant d'un ensoleillement important.

Un apport dans le milieu de culture de nitrates et de phosphates est également nécessaire. Le système a été testé avec succès sur la centrale de cogénération de 20 MW du Massachusetts Institut of Technologie qui fonctionne au charbon. Les fumées sont introduites dans un bioréacteur produisant des algues et en sortent épurées du CO<sub>2</sub> et des oxydes d'azote.

Les coûts opérationnels s'élevant à 12 000 \$ par hectare, le procédé ne deviendra rentable que pour un baril de pétrole à 130 \$. Selon un chercheur américain, 38 000 km<sup>2</sup> de bioréacteurs situés dans une zone très ensoleillée permettrait de couvrir les besoins en pétrole des USA.

## **BIBLIOGRAPHIE :**

- Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de biocarburants (Rapport technique et rapport d'annexes), Novembre 2002, ADEME-DIREM – EcoBilan Pricewaterhouse Coopers.
- Biocarburants, analyse EDEN 2005.
- L'ambivalence des filières biocarburants, publication « INRA Sciences Sociales » n°2, Décembre 2005. J.C Sourie, D. Treguer et S. Rozatis, INRA Grignon.
- Note de positionnement, Réseau Action Climat-France, Mai 2006.
- Rapport sur l'optimisation du dispositif de soutien à la filière biocarburants, Conseil général des Mines de Paris, Inspection générale des finances, Conseil général du génie rural des eaux et forêts, Septembre 2005.
- Table d'alimentation des ruminants, INRA 1990.
- Un carburant à base d'huile d'algue, Olivier Danielo, Biofutur 255, Mai 2005.

## **REMERCIEMENTS :**

L'auteur de ce rapport tient à remercier :

- Le Réseau Action Climat-France, sans lequel ce travail n'aurait pas eu lieu.
- Diane Vandaele et Didier Sadones pour leur contribution décisive dans la mise en forme de ce rapport
- Toutes les personnes qui, dans le cadre de leur engagement associatif ou personnel, ont témoigné leur intérêt pour les activités de l'association EDEN.