

## Biocarburants : quels bilans sur l'environnement ?

*Le développement des filières biocarburants est aujourd'hui associé dans une large mesure aux objectifs de réduction des émissions des Gaz à effet de serre (GES) dans le secteur des transports. Les études réalisées sur les bilans « du champs à la roue » s'accordent sur le fait que l'utilisation de ces carburants d'origines végétales permet un gain certain en termes d'émissions de GES et de consommation d'énergies fossiles, comparativement à leurs équivalents issus du pétrole.*

Le fort regain d'intérêt des biocarburants ces dernières années a essentiellement pour origine leur potentiel en matière de réduction de la consommation de pétrole et de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour le secteur des transports. La question des bilans des biocarburants sur ces deux derniers critères est donc fondamentale car elle justifie en grande partie les différentes formes de soutien mises en place par les pouvoirs publics pour assurer le développement de ces filières. Dans le contexte actuel où l'essentiel des dispositions réglementaires en cours ou en projet est concentré sur la minimisation des émissions de GES (protocole de Kyoto à l'échelle mondiale, plan Climat à l'échelle de la France), l'objectif commun de ces études est de comparer les biocarburants aux carburants pétroliers équivalents (essence et diesel) afin d'évaluer le potentiel de réduction des émissions de GES dans les transports, associé à l'usage des biocarburants. Pour mémoire, ce secteur génère aujourd'hui environ 14 % des émissions de GES mondiales (soit 5,9 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> éq/an) avec un rythme de croissance d'environ 2 % par an particulièrement difficile à freiner.

### Débat sur les bilans GES et consommations d'énergies non renouvelables des filières biocarburants

#### Des évaluations différentes mais une même conclusion

La controverse autour des bilans GES et consommations d'énergies non renouvelables des filières biocarburants est alimentée par la publication de plusieurs dizaines d'études mentionnant quasiment chacune des résultats différents. Le champs de ces études est identique : il s'agit de dresser un inventaire des consommations et émissions de la filière complète de production et utilisation du biocarburant en prenant donc en compte l'ensemble des étapes de son cycle de vie : on parle de bilans « du puits à la roue » (*Well to Wheels*). Les écarts entre ces évaluations peuvent parfois être très importants et conduire à une hiérarchisation différente de ces filières, sur ces seuls critères de performance environnementale. Toutefois, d'un point de vue qualitatif, les différents

résultats de ces études vont dans le même sens, et s'accordent à dire que l'usage des biocarburants permet une réduction significative des émissions de GES et des consommations d'énergies non renouvelables, par rapport aux solutions conventionnelles (carburants pétroliers). Autrement dit, ces carburants induisent des gains certains sur ces deux types de bilans mais ces gains restent difficiles à quantifier avec précision.

#### Sources de disparité des bilans des filières biocarburants

Plusieurs aspects peuvent expliquer les écarts observés entre les résultats des différentes études : des considérations d'ordre méthodologique d'une part et les incertitudes associées aux données spécifiques à l'étude de ces filières d'autre part.

Sur le plan méthodologique, deux éléments influent de façon importante sur le résultat. Le premier est le choix d'un périmètre, c'est-à-dire la sélection des étapes pour lesquelles on comptabilise ou non les émissions et consommations d'énergie. Les hypothèses faites sur ce point et explicitées par la suite sont généralement les mêmes d'une étude à une autre et ne justifient donc pas les différences de résultats. En revanche, le choix méthodologique retenu pour tenir compte de la coproduction sur une filière peut bien souvent expliquer ces écarts. Dans le cas de la production de biocarburants, plusieurs coproduits de natures très distinctes sont générés en quantités importantes (en moyenne : deux tonnes de coproduits par tonne de biocarburant). Par exemple, au cours de la production de biodiesel (EMHV) à partir d'huile végétale de colza sont également produits pailles, tourteaux (dédiés à l'alimentation animale) et glycérine. Certaines études ignorent ces coproduits et affectent l'intégralité des émissions et consommations d'énergie au seul biocarburant, mais la grande majorité les comptabilise. Il convient alors de faire un choix pour répartir les émissions et consommations entre les produits. Une des possibilités est d'affecter les impacts (émissions de GES et consommations d'énergies non renouvelables dans ce cas) aux différents produits au prorata de leurs masses, de leurs contenus énergétiques ou encore de leurs valeurs économiques. Une seconde méthode dite

# Biocarburants : quels bilans sur l'environnement ?

« méthode des impacts évités » est également employée : elle consiste à affecter l'intégralité des impacts au seul biocarburant et à retrancher à cette valeur un « crédit » correspondant aux impacts qu'aurait générés la production de la même quantité de coproduit par sa voie classique de production. Par exemple, si l'on considère que la glycérine coproduite lors de la synthèse d'EMHV se substitue à une glycérine produite dans l'industrie chimique, on utilisera le bilan de cette dernière filière pour calculer le crédit à allouer au biodiesel. À l'heure actuelle, la question de l'affectation des impacts fait l'objet d'un débat aussi bien en Europe qu'aux États-Unis. Bien que la méthode du prorata massique soit la plus facile à mettre en œuvre, un consensus semble aujourd'hui se dégager en faveur de la « méthode des impacts évités », qui semble mieux traduire la réalité des filières (prise en compte de la nature de la valorisation des coproduits).

Par ailleurs, la valeur du gain en émissions de GES et en consommation d'énergies non renouvelables calculée dépend également des données utilisées, en particulier des rejets de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) sur l'étape de culture de la biomasse. L'influence de ces émissions est particulièrement importante puisque ce gaz est près de 300 fois plus nocif en termes d'impact « effet de serre » que le CO<sub>2</sub>. Or ces rejets dépendent eux-mêmes des quantités d'engrais utilisés, des conditions climatiques, de la qualité des sols, etc. et sont donc difficiles à évaluer de manière précise.

## Méthodologie employée

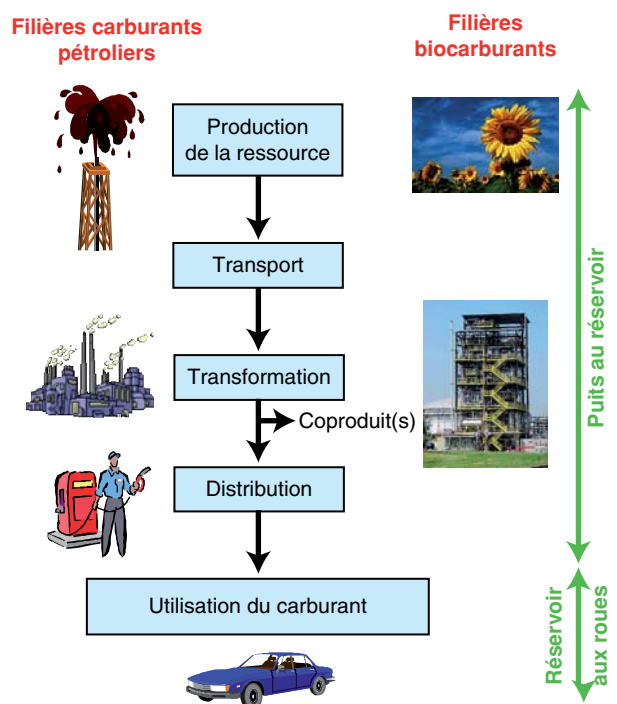
La méthodologie employée pour établir les bilans « du puits à la roue » des différentes filières carburants est basée sur le concept de l'Analyse de cycle de vie (ACV), seule méthode d'analyse environnementale ayant fait l'objet de normes internationales (normes ISO 14040 à 43). Cette méthode repose sur l'étude de l'ensemble des étapes élémentaires d'une filière reliées entre elles et conduisant à l'élaboration d'un produit. Est pris en compte l'ensemble des étapes allant de l'obtention des matières premières jusqu'à la fin de vie du produit étudié (recyclage, valorisation thermique ou encore mise en décharge). Cette approche globale de l'analyse est tout à fait indispensable pour éviter tout transfert de pollution. En effet, l'étude et l'optimisation d'une étape indépendamment des autres peuvent engendrer en contre-partie une augmentation des impacts sur une autre étape.

Pour chacune de ces analyses, il est nécessaire de définir tout d'abord les objectifs de l'étude, ce qui se traduit par la sélection des catégories d'impacts que l'on souhaite étudier. Pour les biocarburants, on évalue généralement l'impact sur l'effet de serre et l'impact sur la déplétion des ressources naturelles non renouvelables (combustibles fossiles par exemple).

On définit ensuite rigoureusement le cadre de l'étude. Le premier point consiste à délimiter les frontières du système en listant les étapes du cycle de vie qui seront incluses ou non dans le périmètre d'étude. Dans le cas d'un carburant, le cycle de vie « du puits (ou du champs) à la roue » comporte deux composantes : une partie « du puits (ou du champs) au réservoir » et une partie « du réservoir aux roues ». Les étapes considérées dans l'analyse sont les suivantes :

- **Production de la ressource** : extraction/production dans le cas des carburants pétroliers et culture, récolte et collecte de la biomasse dans le cas des biocarburants.
- **Transport** : étape de transport de la ressource depuis le lieu de production jusqu'au lieu de transformation de cette ressource en carburant. Les modes de transports possibles sont nombreux : route, rail, voie fluviale, mer, pipelines, ou transports combinés.
- **Transformation** : conversion de la ressource en carburant, raffinage du pétrole brut ou de la matière végétale en produits liquides pour les biocarburants. Dans ce cas, la transformation est réalisée par des procédés spécifiques (avec production d'une quantité importante de coproduits).
- **Distribution** : transport des carburants jusqu'aux stations-service et distribution à la pompe.
- **Utilisation du carburant** : combustion du carburant dans le moteur.

Fig. 1 Schéma du cycle de vie d'un carburant



## Biocarburants : quels bilans sur l'environnement ?

Il est important de préciser que les étapes d'approvisionnement en matières premières (production d'engrais notamment) et énergie (tels que la production et le transport de l'électricité, du gaz naturel, etc.) ainsi que celles de traitement des déchets sont également prises en compte, dans la mesure où ces activités sont nécessaires à la production de carburant.

La définition du cadre de l'étude nécessite également la définition d'un contexte géographique et temporel, qui conditionnera le choix des données en termes de modes de production et de technologies. L'impact de ce paramètre sur le bilan est très important. Par exemple, en termes d'émissions de GES : consommer un kWh d'électricité en France ou en Europe à une même date (2010) n'est pas du tout équivalent. L'électricité d'origine nucléaire, voie pour laquelle les émissions de GES sont extrêmement faibles, représente plus de 75 % des consommations françaises. L'électricité européenne moyenne provient en plus grande partie de centrales thermiques, le bilan GES de cette production est donc beaucoup plus élevé : de l'ordre de 450 g CO<sub>2</sub>éq/kWh contre 100 g CO<sub>2</sub>éq/kWh en France. Le résultat d'un bilan environnemental est donc représentatif d'un contexte précis. Ce point peut par ailleurs expliquer en partie les écarts observés entre les évaluations des filières biocarburants (données de base différentes). À titre d'illustration, l'éthanol ex-maïs américain a un itinéraire technique différent de celui de l'éthanol ex-canne à sucre du Brésil ou de celui de l'éthanol ex-betterave d'Europe. Les bilans environnementaux de l'éthanol dans ces régions seront en conséquence très différents. Par ailleurs, les pratiques d'aujourd'hui ne sont pas nécessairement celles de demain : le bilan effet de serre des filières européennes de production d'éthanol pourrait être grandement amélioré par l'usage de combustibles renouvelables (par exemple paille ou bois) pour la distillation de l'alcool en substitution aux combustibles fossiles utilisés.

La démarche consiste ensuite à lister et quantifier les flux entrants (consommations de matières premières, d'énergie, etc.) et sortants (produit(s), rejets dans l'air, l'eau et le sol, déchets) de chacune des étapes du cycle de vie et de calculer ensuite l'impact possible de ces consommations et émissions sur l'environnement, pour les catégories d'impacts sélectionnées. Pour les bilans GES, on comptabilise les trois principaux gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) d'origine fossile<sup>1</sup>, le méthane (CH<sub>4</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Le bilan total est exprimé en grammes de CO<sub>2</sub> équivalent (gCO<sub>2</sub>éq) en utilisant des facteurs de conversion<sup>2</sup> traduisant l'effet de chacun de ces GES comparativement au CO<sub>2</sub>.

(1) Le CO<sub>2</sub> issu de la combustion de la biomasse n'est pas comptabilisé dans les bilans GES car on considère que ce CO<sub>2</sub> a été capté au préalable par la biomasse lors de sa croissance : le bilan est donc nul. Pour les biocarburants utilisés purs, on considèrera donc qu'il n'y a aucune émission de CO<sub>2</sub> fossile à l'échappement (bilan GES nul sur l'étape d'utilisation).

(2) Ces facteurs de conversion sont appelés Pouvoirs de réchauffement globaux (PRG). Ce coefficient vaut 1 pour le CO<sub>2</sub>, 23 pour le CH<sub>4</sub> et 296 pour le N<sub>2</sub>O.

Les bilans sont ensuite ramenés à l'unité fonctionnelle, c'est-à-dire à la référence sur la base de laquelle tous les systèmes équivalents seront comparés. Pour comparer des carburants, on ramène l'ensemble des bilans au kilomètre parcouru par un même véhicule, sur le cycle européen normalisé NEDC<sup>3</sup>. Les résultats présentés par la suite sont donc exprimés en gCO<sub>2</sub>éq/km (bilan GES) et en MJ/km (bilan des consommations d'énergies non renouvelables).

### Résultats des bilans « du puits à la roue »

Les résultats des bilans « du puits à la roue » présentés dans les tableaux 1 et 2 sont issus de deux études de référence, très souvent citées et comparées :

- l'étude réalisée en France en 2002 par la société PricewaterhouseCoopers pour le compte de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et la DIREM (Direction des ressources énergétiques et minérales),
- l'étude européenne réalisée en 2004 (et mise à jour en mai 2006), en collaboration par le Centre commun de recherche de la Commission européenne (JRC), le CONCAWE qui est l'association européenne des compagnies pétrolières traitant des questions liées à l'environnement, et EUCAR qui coordonne les actions de recherche et développement de l'Association européenne des constructeurs automobiles.

Ces deux études présentent des résultats assez différents. Une analyse de ces travaux met en évidence que les écarts sont liés aux méthodes d'affectation différentes retenues. L'étude ADEME/DIREM utilise le prorata massique alors que l'étude JRC/EUCAR/CONCAWE adopte la méthode des impacts évités.

Plusieurs commentaires peuvent être faits sur la base de ces résultats. Tout d'abord, d'une manière générale, les biocarburants permettent bien une réduction significative des émissions de GES comparativement aux carburants pétroliers, allant de 30 % à 94 % lorsqu'ils sont utilisés purs. On notera que les gains les plus importants en termes d'émissions de GES sont obtenus lors de la transformation de matières lignocellulosiques en biocarburants (filières de deuxième génération). En effet, dans cette valorisation du bois ou de la paille, une partie de la matière première est souvent utilisée pour produire les utilités (chaleur, électricité) nécessaires aux procédés, permettant ainsi des gains substantiels en termes d'émissions. Ceci explique notamment que pour les filières de production d'éthanol, le meilleur résultat soit obtenu à

(3) New European Drive Cycle : cycle représentatif des conditions de conduites moyennes en Europe, considérant les vitesses, les distances moyennes et les phases de démarrage liées à la fois à la conduite urbaine et extra-urbaine.

# Biocarburants : quels bilans sur l'environnement ?

Tableau 1  
Résultats des bilans GES des filières biocarburants, comparativement au carburant pétrolier de référence

	Émissions de GES					
	Résultats de l'étude ADEME/DIREM (décembre 2002)			Résultats de l'étude JRC/EUCAR/CONCAWE (mai 2006)		
	gCO <sub>2</sub> éq/MJ	Référence gCO <sub>2</sub> éq/MJ	Gain par rapport au carburant pétrolier de référence	gCO <sub>2</sub> éq/km	Référence (gCO <sub>2</sub> éq/km)	Gain par rapport au carburant pétrolier de référence
Éthanol ex-blé	34,4	85,9	60 %	114	164	30 %
Éthanol ex-betterave	33,6	85,9	61 %	111	164	32 %
Éthanol ex-lignocellulosique	nd	–	–	36	164	78 %
Éthanol ex-canne à sucre	nd	–	–	19	164	88 %
EMHV colza	23,7	79,3	70 %	73	156	53 %
EMHV tournesol	20,1	79,3	75 %	34	156	78 %
Huile végétale pure colza	17,8	79,3	78 %	nd	–	–
Huile végétale pure tournesol	13,2	79,3	83 %	nd	–	–
BtL (à partir de déchets forestiers et agricoles)	nd	–	–	10	156	94 %

Tableau 2  
Résultats des bilans énergies non renouvelables des filières biocarburants, comparativement au carburant pétrolier de référence

	Consommations d'énergies non renouvelables					
	Résultats de l'étude ADEME/DIREM (décembre 2002)			Résultats de l'étude JRC/EUCAR/CONCAWE (mai 2006)		
	MJ <sub>ex</sub> /MJ	Référence MJ <sub>ex</sub> /MJ	Gain par rapport au carburant pétrolier de référence	MJ <sub>ex</sub> /km	Référence (MJ <sub>ex</sub> /km)	Gain par rapport au carburant pétrolier de référence
Éthanol ex-blé	0,489	1,15	57 %	1,68	2,16	22 %
Éthanol ex-betterave	0,488	1,15	58 %	1,65	2,16	24 %
Éthanol ex-lignocellulosique	nd	–	–	0,51	2,16	76 %
Éthanol ex-canne à sucre	nd	–	–	0,2	2,16	91 %
EMHV colza	0,334	1,09	69 %	0,73	2,05	64 %
EMHV tournesol	0,316	1,09	71 %	0,54	2,05	74 %
Huile végétale pure colza	0,214	1,09	80 %	nd	–	–
Huile végétale pure tournesol	0,183	1,09	83 %	nd	–	–
BtL (à partir de déchets forestiers et agricoles)	nd	–	–	0,12	2,05	94 %

## Biocarburants : quels bilans sur l'environnement ?

partir de la canne à sucre, la bagasse (résidu fibreux de la canne à sucre) étant utilisée pour générer la chaleur nécessaire à l'étape de distillation. Par ailleurs, on remarquera que la méthodologie retenue pour l'étude JRC/EUCAR/CONCAWE est plus défavorable puisque les gains calculés pour une même filière sont généralement plus faibles.

De l'analyse des résultats des bilans énergétiques présentés dans le tableau 2, plusieurs éléments ressortent. Tout d'abord, la production de biocarburant s'accompagne d'une consommation de quantités non négligeables d'énergie fossile. Ceci a pour conséquence que le gain final par rapport à la solution « carburants pétroliers » ne sera jamais de 100 %. Suivant les hypothèses faites et les filières étudiées, ce gain peut aller de 22 % à plus de 90 %. L'étendue de cette fourchette de valeurs indique qu'il convient d'être prudent lorsque le sujet du gain en termes de consommation d'énergie lié à l'usage des biocarburants est abordé. On notera encore une fois que les gains obtenus avec les résultats de l'étude JRC/EUCAR/CONCAWE sont généralement plus faibles. Tout comme pour les émissions de GES, les gains les plus importants en termes de consommations d'énergies non renouvelables sont obtenus avec les filières de deuxième génération, à base de matières lignocellulosiques et de canne à sucre pour la filière de production d'éthanol.

Les deux études convergent dans l'ensemble sur l'intérêt de l'utilisation des EMHV et divergent à propos de l'éthanol. En effet, elles montrent que la filière EMHV est plus favorable en termes de consommations d'énergie fossile et d'émissions de GES que les filières éthanol ex-blé ou ex-betterave. En revanche, alors que l'étude ADEME/DIREM avance un avantage relativement important lié à l'emploi de l'éthanol (de l'ordre de 60 %, aussi bien sur les émissions de GES que sur les consommations d'énergies non renouvelables), l'étude JRC/EUCAR/CONCAWE aboutit à un résultat nettement moins favorable (gain de l'ordre de 30 % sur les émissions de GES et de 20 % seulement sur les consommations d'énergies fossiles).

Par ailleurs, seule l'étude ADEME/DIREM évalue les filières de production d'huiles végétales pures (HVP) et mentionne des gains de l'ordre de 80 % par rapport au diesel conventionnel, tant au niveau des émissions de GES que des consommations d'énergies non renouvelables. Ces gains sont à peu près de 10 % supérieurs à ceux obtenus pour les filières EMHV. Mais en utilisant la méthode des impacts évités et non le prorata massique, on trouve des valeurs légèrement meilleures pour l'EMHV, avec des données de base équivalentes (consommations et émissions pour chaque étape identiques à celles utilisées dans l'étude ADEME/DIREM). La hiérarchisation de ces filières en termes d'émissions de GES et de consommations d'énergies non renouvelables s'inverse donc au profit des filières EMHV. Ceci est dû au fait que le crédit alloué au biodiesel pour tenir compte de la coproduction de

glycérine (se substituant à de la glycérine produite dans l'industrie chimique) fait plus que compenser les émissions de GES et les consommations d'énergies non renouvelables liées aux étapes supplémentaires (semi-raffinage et estérification) peu consommatrices d'énergie.

Les gains importants mentionnés ci-dessus en termes d'émissions de GES et de consommations d'énergies non renouvelables liés à l'utilisation de biocarburants purs demandent néanmoins à être tempérés par le fait que ces carburants sont le plus souvent utilisés en mélange, à des teneurs relativement faibles (5 à 10 %, avec un maximum de 20 à 25 % au Brésil). En Europe, la réglementation en cours limite le taux d'incorporation d'éthanol à un maximum de 5 % (en volume), pour une utilisation dans les moteurs essence actuels. On remarquera d'ailleurs que cette mesure est en contradiction avec l'objectif de 5,75 % (en énergie) annoncé par l'Europe pour 2010. En revanche, des teneurs plus importantes, pouvant aller jusqu'à 15 %, sont autorisées et envisagées dans le cas de l'ETBE. Mais le calcul des gains pour un carburant contenant 5 % d'éthanol (E5 mix français) et un autre contenant 10 % d'ETBE (ETBE10) conduit au même résultat et permet de constater que le bénéfice à attendre au global est de l'ordre de 2 % (cf. tableau 3).

Tableau 3

Résultats des bilans des émissions de GES et consommations d'énergies non renouvelables des biocarburants utilisés en mélange, comparativement au carburant pétrolier de référence

		2005 70 % betterave et 30 % blé*		2010 30 % betterave et 70 % blé**	
		Gain par rapport à la référence essence 2005		Gain par rapport à la référence essence 2010	
		Bilan énergies non renouvelables	Bilan GES	Bilan énergies non renouvelables	Bilan GES
E5	ADEME	1,9 %	2,0 %	1,9 %	2,0 %
	EUCAR	1,2 %	1,4 %	0,8 %	1,0 %
E85	ADEME	45 %	48 %	45 %	48 %
	EUCAR	28 %	34 %	18 %	24 %
ETBE 10	ADEME	1,3 %	1,6 %	1,3 %	1,6 %
	EUCAR	1,7 %	2,9 %	0,5 %	1,8 %

\* Mix éthanol représentatif de la production française en 2005.

\*\* Mix éthanol représentatif de la production française en 2010.

Le gain obtenu avec l'E85 (incorporation de 85 % d'éthanol en volume dans l'essence) est en revanche bien plus conséquent, compris entre 18 % et 45 % pour les consommations d'énergies non renouvelables, et entre 24 % et 48 % pour les émissions de GES, en fonction de la source des données utilisée (bilans des filières éthanol et essence issus soit de l'étude ADEME/DIREM, soit de l'étude JRC/EUCAR/CONCAWE).

## Biocarburants : quels bilans sur l'environnement ?

Reste que la diffusion de l'éthanol en mélange est beaucoup plus rapide que celle de l'E85 : cette filière profite en effet des infrastructures déjà en place alors que l'E85 nécessite de nouvelles pompes et l'achat par le consommateur de voitures spécifiques dites « Flexfuel » (avec un léger surcoût : de l'ordre de 200 à 300 € par véhicule, par rapport aux modèles classiques équivalents). Ainsi, pour que 5 % de la consommation nationale d'essence soit substituée via l'E85, il faudra de l'ordre de 600 000 véhicules « Flexfuel » qui n'utilisent que de l'E85. Un gain de l'ordre de 2 % en termes d'émissions de GES sera alors atteint, équivalent à ceux obtenus avec la généralisation des carburants E5 ou ETBE10. Ce gain sera de plus effectif uniquement si les utilisateurs choisissent systématiquement d'utiliser de l'éthanol plutôt que de l'essence. Or ce ne sera pas le cas; soit parce qu'il n'y aura pas de pompes disponibles là où ils feront leur « plein » soit parce que le carburant E85 ne sera pas compétitif par rapport à l'essence, compte tenu de la surconsommation (de l'ordre de 30 à 40 %) liée à son moindre contenu énergétique. Au Brésil, on constate que les propriétaires de véhicules « Flexfuel » modulent effectivement leur consommation entre les carburants à faible teneur en éthanol et l'E100, en fonction du prix à la pompe. Pour un gain du même ordre en termes d'émissions de GES (2 %), le déploiement de l'E85 est donc plus difficile et surtout plus lent (nouvelles infrastructures, adaptation du parc automobile, etc.) que l'incorporation banalisée de l'éthanol dans l'essence (carburants E5 ou ETBE10). En France, compte tenu des délais nécessaires à la diffusion du carburant E85 et à la vente de véhicules « Flexfuel », cette filière n'aura que peu d'impact en 2008 (date pour laquelle l'objectif français d'incorporation des biocarburants est de 5,75 % en énergie). Il ne pourra être plus significatif qu'à partir de 2010.

À noter que cette filière comporte également plus de risques que celle où l'éthanol est mélangé à l'essence pour une distribution banalisée, dans la mesure où l'on mise sur le comportement individuel des consommateurs. À la date de rédaction de ce document, le contexte est en effet moins favorable à la compétitivité de l'éthanol qu'au cours du premier semestre 2006. Les cours du baril de pétrole sont actuellement au plus bas depuis plus d'un an à environ 55 \$/bl et une hausse forte des cours mondiaux des céréales est observée depuis septembre 2006. Or cette matière première, qui est largement utilisée aux États-Unis (maïs) et qui devrait être de plus en plus mobilisée en Europe (blé), constitue la majeure partie du coût de production de l'éthanol. Il reste à être très prudent sur les conclusions à tirer de ces évolutions qui peuvent être ponctuelles et très variables même sur de courtes périodes.

Enfin, il faut préciser que les voies de distribution de l'éthanol en mélange dans l'essence à des faibles teneurs et quasiment pur ne s'opposent pas forcément. On observe en effet que dans les pays où les biocarburants se sont fortement développés (Brésil, États-Unis, Suède), les deux voies co-existent et sont perçues comme complémentaires.

### Bilan des émissions de polluants à l'échappement

Les bilans sur les autres polluants considérés comme ayant un impact sur l'environnement (qualité de l'air) et la santé sont calculés uniquement pour l'étape d'utilisation du carburant (combustion dans le moteur), ceci parce que les quantités émises à l'échappement sont bien supérieures à ce qui est estimé sur l'ensemble des étapes de production du carburant. Ces polluants sont réglementés par des normes européennes définissant des plafonds d'émissions révisés à la baisse régulièrement. Les valeurs sont fixées pour un type de véhicule (défini par son poids) et de carburant donné (diesel ou essence). Dans le cas des véhicules particuliers, la norme Euro 4 en vigueur depuis janvier 2005 limite :

- **pour les véhicules essence**, les émissions de monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures (HC) et d'oxydes d'azote (NOx) ;
- **pour les véhicules diesel**, les émissions de CO+HC, NOx et de particules.

Le tableau 4 ci-dessous présente les gains en termes d'émissions de ces polluants obtenus en utilisant un biocarburant, par rapport au carburant pétrolier équivalent. Ces valeurs ont été calculées à partir de mesures effectuées à l'IFP sur les émissions à l'échappement d'un véhicule Euro 4 consommant alternativement le biocarburant et la référence (essence ou diesel).

Tableau 4

Résultats des bilans des émissions de polluants réglementés des biocarburants, comparativement au carburant pétrolier de référence

	Gains sur les émissions de polluants réglementés à l'échappement par rapport au carburant pétrolier de référence (mesurés sur véhicules Euro 4)			
	Bilan HC	Bilan NOx	Bilan particules	Bilan CO
<b>E85</b>	nd	61 %	–	50 %
<b>EMC50</b>	11 %		53 %	7,3 %
<b>BtL</b>	78 %	– 7 %	39 %	95 %

D'une manière générale, on note que ces gains sont quasiment tous positifs et que l'usage de biocarburants induit donc une réduction des émissions de polluants locaux.

Pour l'E85, les mesures ont été réalisées sur l'un des véhicules FFV (Flex Fuel Vehicles) utilisés par le Conseil général de la Marne, dans le cadre d'une expérimentation d'un an, dont l'expertise scientifique a été confiée à l'ADEME et à l'IFP. Ces essais ont permis de montrer que l'utilisation de l'E85 permet une diminution substantielle des émissions de CO et NOx, mais également de certains polluants non réglementés tels

## Biocarburants : quels bilans sur l'environnement ?

que le benzène et le 1,3-butadiène (molécules classées comme toxiques par l'Agence de protection de l'environnement américaine). Seules les émissions d'acétaldéhyde (polluant non réglementé également classé comme toxique par l'Agence de protection de l'environnement américaine et provenant d'une oxydation partielle de l'éthanol) sont augmentées. Une optimisation du système de post-traitement et des stratégies de mise en action de celui-ci pourraient fortement limiter cette augmentation. Par ailleurs, les émissions réglementées sont inférieures aux plafonds définis par la norme Euro 4 et même à ceux attendus de la prochaine norme Euro 5 qui rentrera en vigueur en 2008.

Les résultats obtenus pour l'EMC50 (mélange 50 % EMHV et 50 % de diesel) montrent une réduction des émissions de particules par rapport au diesel. On remarque que les émissions d'HC+NOx dépassent la valeur seuil Euro 4, tout en restant inférieures à celles du diesel de référence. Notons que ce type de carburant ne sera pas développé en priorité et n'a donc pas fait l'objet d'optimisation. En d'autres termes, un travail spécifique à ce type de mélange devrait permettre de faire respecter la norme Euro 4 à ce type de véhicule.

Le diesel de synthèse BtL (Biomass to Liquids) permet d'obtenir des réductions significatives des émissions de polluants. Ceci est particulièrement vrai pour les émissions de CO et d'HC (gains respectifs de 95 % et 78 % par rapport au diesel de référence). Les émissions de NOx sont légèrement augmentées (gain négatif) mais toutes les émissions sont bien en-dessous des plafonds de la norme Euro 4. La généralisation sur les véhicules diesel des filtres à particules (dont ne sont pas équipés les véhicules sur lesquels sont effectuées les mesures) induira à court terme une réduction de ces émissions encore plus importante que celles mentionnées (gains de 39 % et 53 %). De plus, le développement de cette technologie apportera un degré de liberté supplémentaire : dans la mesure où les émissions de particules et de NOx sont liées, il faut à l'heure actuelle trouver un compromis entre ces deux types d'émissions. Réduire considérablement les émissions de particules permettra donc plus de souplesse sur les émissions de NOx.

### Conclusion et perspectives

Il est aujourd'hui bien démontré que l'usage des biocarburants en substitution aux carburants conventionnels permet de réduire les émissions de GES et les consommations d'énergies non renouvelables. Il s'agit d'ailleurs de l'un des principaux arguments en faveur de leur usage à grande échelle : utilisés purs, ils peuvent induire un gain en termes de rejet de

GES pouvant aller au-delà de 90 % pour les filières les plus efficaces (filière éthanol via la canne à sucre ou biodiesel de 2<sup>e</sup> génération). Ce gain est d'ailleurs du même ordre de grandeur en termes de consommation d'énergie fossile.

Dans le contexte actuel qui veut que les biocarburants soient le plus souvent utilisés en mélange à des teneurs relativement faibles, le bénéfice global, en termes d'effet de serre, peut apparaître faible : gain en termes d'émissions inférieur à 5 % pour des taux d'incorporation des biocarburants dans les carburants traditionnels de 5 à 10 %. Mais, si ces chiffres paraissent faibles en première approche, il est important de souligner qu'ils peuvent être obtenus dans un secteur dont la croissance est très difficile à maîtriser et pour lequel les solutions offrant le même bénéfice dans un temps relativement court sont peu nombreuses. Les biocarburants ne représentent pas La Solution au problème d'émissions de gaz à effet de serre du secteur transport, mais un élément de solution qui, combiné à d'autres (évolution des technologies moteur, évolution des comportements, etc.), peut apporter un début de réponse.

Pour finir, il est intéressant de rappeler que la méthodologie ACV utilisée pour l'établissement des bilans « du puits à la roue » permet d'évaluer d'autres impacts tels que l'acidification, l'eutrophisation, la déplétion des ressources naturelles ou encore de l'ozone atmosphérique qui sont beaucoup plus rarement abordés à l'heure actuelle. Des études visant à élargir l'évaluation des filières biocarburants (et plus largement l'évaluation des autres filières alternatives du secteur transport) à tout ou partie de ces autres impacts sont en cours. À titre d'exemple, l'IFP participe notamment (en partenariat avec l'INRA, l'AFOCEL, le CEA, Total, Air Liquide et Renault) au développement d'une méthode d'évaluation multicritère des filières de production d'énergie à partir de la biomasse, basée sur les principes ACV, et intégrant des critères techniques, économiques, sociaux et environnementaux<sup>4</sup>. Sur ce dernier critère, l'analyse des filières biocarburants ne devrait pas se limiter aux seuls bilans des émissions de GES et des consommations d'énergies non renouvelables, elle devrait inclure également l'étude de l'impact d'un développement massif de ces filières sur les ressources naturelles, notamment en eau.

(4) Projet ANABIO, financé par l'Agence nationale de la recherche, dans le cadre du PNRB (Plan national de recherche sur les bioénergies) coordonné par l'ADEME.

Anne PRIEUR-VERNAT, Stéphane HIS, Frédérique BOUVART  
anne.prieur@ifp.fr - stephane.his@ifp.fr - frederique.bouvard@ifp.fr

Manuscrit remis en décembre 2006



IFP

1 et 4, avenue de Bois-Préau - 92852 Rueil-Malmaison Cedex - France  
Tél. : +33 1 47 52 60 00 - Fax : +33 1 47 52 70 00

IFP-Lyon

BP 3 - 69390 Vernaison - France  
Tél. : +33 4 78 02 20 20 - Fax : +33 4 78 02 20 13

www.ifp.fr