

## AVERTISSEMENT

La présente synthèse porte sur l'ensemble des résultats des études de type ACV (Analyse de Cycle de Vie) inventoriées au niveau international. Deux éléments sont à noter :

- les résultats sont présentés sous la responsabilité des auteurs des différentes études ;
- toutes les données liées au bilan environnemental des filières végétales n'ont pas forcément été mises en évidence dans les études de type ACV disponibles à ce jour.

*Bilan environnemental des filières végétales  
pour la chimie, les matériaux et l'énergie*

*Etat des connaissances : Analyse de Cycle de Vie (ACV)*

**SYNTHÈSE PUBLIQUE**

**OCTOBRE 2004**

# Synthèse

**PUBLIQUE**

# Sommaire

<b>1.</b>	INTRODUCTION .....	6
<b>2.</b>	OBJECTIFS ET CHAMPS D'INVESTIGATION .....	7
<b>3.</b>	ETAT DES CONNAISSANCES ACV DES FILIÈRES VÉGÉTALES .....	8
<b>3.1</b>	Quantité de connaissances ACV disponibles .....	8
<b>3.2</b>	Qualité des connaissances ACV disponibles .....	8
<b>4.</b>	BILAN ENVIRONNEMENTAL : LE VÉGÉTAL PAR RAPPORT AU FOSSILE .....	12
<b>4.1</b>	Comparaison par unité fonctionnelle .....	12
<b>4.2</b>	Comparaison par unité fonctionnelle et par unité de surface agricole .....	13
<b>4.3</b>	Faits marquants .....	15
<b>5.</b>	RECOMMANDATIONS .....	17
<b>5.1</b>	Pour le développement des filières végétales .....	17
<b>5.2</b>	Pour l'amélioration des connaissances ACV .....	17
<b>6.</b>	MÉTHODOLOGIE .....	18
<b>6.1</b>	Etude bibliographique .....	18
<b>6.2</b>	Analyse de la qualité des études et sélection .....	18
<b>6.3</b>	Comment comparer les filières ? .....	18
<b>6.4</b>	Format de restitution .....	19
<b>7.</b>	FICHES DE SYNTHÈSE PAR FILIÈRE .....	20
<b>7.1</b>	Guide de lecture .....	22
<b>7.2</b>	Fiches .....	25
<b>8.</b>	GLOSSAIRE .....	86
<b>8.1</b>	Les filières végétales .....	88
<b>8.2</b>	Les classes d'impacts sur l'environnement .....	90
<b>9.</b>	ABRÉVIATIONS .....	93

Le recours aux ressources agricoles et forestières pour la synthèse de bioproduits (chimie, énergie, matériaux) présente potentiellement d'importants avantages environnementaux. En effet, à l'inverse de leurs homologues fossiles, les matières et énergies renouvelables issues de la biomasse (agriculture, sylviculture) peuvent permettre de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, ou encore de diminuer les impacts sur l'air, l'eau ou le sol. Leur utilisation préserverait les ressources fossiles et favoriserait la promotion des pratiques d'agriculture raisonnée. Cependant, les bilans environnementaux des différentes filières végétales peuvent fortement varier d'une filière à l'autre. Dès lors, il apparaît nécessaire de fiabiliser ces bilans avant de passer de la présomption à l'affirmation.

Parce qu'elle a en charge trois programmes en faveur du développement des filières végétales à vocation chimique et énergétique (AGRICE -Agriculture pour la Chimie et l'Energie- et les programmes Bois Energie et Bois Matériaux), l'ADEME a souhaité dresser un état des connaissances environnementales des filières végétales au niveau international.

Conduite avec le concours de BG Ingénieurs-conseils et de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), cette action s'est basée sur les études d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) actuellement disponibles. L'ACV permet en effet d'évaluer les impacts potentiels sur l'environnement d'un système qui comprend l'ensemble des activités (flux de matières et d'énergie) associées à un produit ou un service, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination des déchets. En matière d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux, puis de réalisation et d'interprétation d'un bilan quantifié, l'ACV est aujourd'hui l'outil le plus abouti.

L'inventaire, l'analyse, la critique et l'organisation de ce bilan a porté sur 10 filières végétales à vocation non alimentaire, réparties en deux groupes, selon le nombre d'études de type ACV publiées cf. [Tableau 1](#).

GROUPE 1 DOMAINES LES PLUS ÉTUDIÉS	GROUPE 2 DOMAINES PEU ÉTUDIÉS
Agromatériaux Alcools éthers (biocarburants) Huiles esters (biocarburants) Biomasse forestière	Biomasse agricole Biopolymères Tensioactifs Lubrifiants et fluides hydrauliques Solvants Intermédiaires chimiques et autres

**TABLEAU 1**  
Répartition des études de type ACV entre les différentes filières végétales étudiées

## 2

# Objectifs et champs d'investigation

---

L'étude conduite doit fournir un outil d'aide à la décision pour l'ADEME, qui permettra une meilleure évaluation des gains environnementaux des différentes filières végétales concernées.

Les auteurs de la présente étude se sont concentrés sur les questions et enjeux suivants :

- ◆ Quelle est la concordance des résultats des différentes ACV faites sur les filières végétales ?
- ◆ Est-il possible de mesurer les gains énergétiques et les potentiels de réduction des émissions de gaz à effet de serre lorsque l'on substitue aux produits conventionnels des bio-produits ?
- ◆ D'un point de vue environnemental, quels sont les paramètres clés pour la promotion d'une utilisation efficace de la biomasse ?
- ◆ Sur quelle base peut-on comparer l'impact environnemental et les gains énergétiques observés dans chaque filière ?
- ◆ Quelles sont les filières particulièrement intéressantes d'un point de vue environnemental ?

La première partie de l'étude vise à établir un état des connaissances ACV des filières végétales. Il ne s'agit pas de fournir des données par filière, mais de dresser un inventaire global quantitatif, qualitatif et critique de l'ensemble des données disponibles.

La deuxième partie de l'étude s'attache à réaliser une comparaison inter-filières, en révélant le bénéfice des filières végétales par rapport à leurs homologues fossiles, dans les domaines de la consommation d'énergie non renouvelable et des émissions de gaz à effet de serre.

Enfin, la troisième et dernière partie de l'étude apporte des recommandations pour le développement des filières végétales. Elle propose également des pistes pour l'amélioration des connaissances ACV.

### 3

## Etat des connaissances ACV des filières végétales

### 3.1 Quantité de connaissances ACV disponibles

Le nombre d'études de type ACV consacrées aux filières végétales varie assez fortement d'une filière à l'autre cf. **Tableau 2**. De plus, la quantité d'études recensées n'est pas toujours corrélée à la connaissance du bilan environnemental de la filière, ce pour deux raisons :

- ♦ soit la filière a une grande diversité de sous-filières peu étudiées,
- ♦ soit la filière fait l'objet d'études de qualité insuffisante.

	FILIÈRE	NOMBRE DE RÉFÉRENCES ACV INVENTORIÉES	NOMBRE D'ÉTUDES ACV (ESTIMÉ)	NOMBRE D'ÉTUDES ACV SÉLECTIONNÉES
G R O U P E 1	Agromatériaux : <ul style="list-style-type: none"><li>• Fibres</li><li>• Bois matériau</li></ul>	168 dont : <ul style="list-style-type: none"><li>• 36</li><li>• 132</li></ul>	99 dont : <ul style="list-style-type: none"><li>• 17</li><li>• 82</li></ul>	12 dont : <ul style="list-style-type: none"><li>• 5</li><li>• 7</li></ul>
	Alcools éthers (biocarburants)	213	145	9
	Huiles esters (biocarburants)	201	125	8
	Biomasse forestière	114	75	9
G R O U P E 2	Biomasse agricole	75	54	5
	Biopolymères	40	27	9
	Tensioactifs	26	13	6
	Lubrifiants et huiles hydrauliques	27	11	4
	Solvants	9	6	3
	Intermédiaires chimiques et autres	11	7	2
	TOTAL	884	562	67

**TABLEAU 2**  
Bilan des études recensées et sélectionnées

### 3.2 Qualité des connaissances ACV disponibles

Pour les filières où les études ACV sont satisfaisantes, les tendances observées sont en général convergentes. Les résultats chiffrés peuvent néanmoins différer d'une étude à l'autre en fonction des données de base et des choix méthodologiques retenus.

Les classes d'impacts « consommation d'énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre » sont relativement bien connues pour l'ensemble des filières du Groupe 1. En outre, elles sont généralement bien mieux étudiées que l'ensemble des autres classes d'impacts.

	Diversité des scénarios			Fiabilité des études			Sensibilité technologique			Sensibilité géographique			Convergence des résultats			Besoins complémentaires		
	très faible	moyen	très fort	très faible	moyen	très fort	très faible	moyen	très fort	très faible	moyen	très fort	très faible	moyen	très fort	très faible	moyen	très fort
G R O U P E 1	Aromatériaux et bois matériau																	
	Alcools éthers (biocarburants)																	
	Huiles esters (biocarburants)																	
	Biomasse forestière																	
G R O U P E 2	Biomasse agricole																	
	Biopolymères																	
	Tensioactifs																	
	Lubrifiants et huiles hydrauliques																	
	Solvants																	
	Intermédiaires chimiques et autres																	

**TABLEAU 3**  
Synthèse de la qualité des connaissances ACV

## Diversité des scénarios

Selon la diversité des scénarios rencontrés dans les différentes études (sauf pour la filière intermédiaires chimiques et autres, difficilement classable), deux groupes de filières se distinguent :

- ◆ diversité moyennement faible à très faible : filières où la biomasse est transformée en liquide,
- ◆ diversité moyennement forte à très forte : filières où la biomasse est transformée en solide.

## Fiabilité des études

Dans la bibliographie disponible, il existe assez peu d'études conformes aux normes ISO 14040 à 14043, sauf pour les agromatériaux (en particulier le bois matériau), les biocarburants et la biomasse forestière.

Cela signifie que nombre de résultats ACV n'ont pas fait l'objet d'une revue critique externe. C'est notamment le cas pour les tensioactifs, les lubrifiants et fluides hydrauliques, les solvants, les intermédiaires chimiques et autres, les biopolymères et la biomasse agricole.

## Sensibilité technologique

Une forte différence de développement technologique est observée entre les filières végétales, dont certaines sont encore à l'état de prototype, et les filières conventionnelles fossiles, dont le développement technologique est établi depuis de nombreuses années. De ce fait, le gain des filières végétales est parfois minimisé en raison de leur non optimisation technologique.

Toutefois, si la sensibilité technologique pour l'ensemble des filières végétales varie de moyenne à très forte, des progrès sont à attendre. En effet, parmi les paramètres majeurs qui caractérisent ces filières, un certain nombre sont d'ordre technologique. Ils représentent donc une réelle voie d'amélioration de leur bilan environnemental.

## Sensibilité géographique

Contrairement à la sensibilité technologique, la sensibilité géographique est en général moyenne pour l'ensemble des filières. Elle est notable principalement au niveau de la phase agricole, plus rarement sur le procédé de production.

## Convergence des résultats

La convergence des résultats est très variable selon les filières et les classes d'impacts. Elle est très fortement liée à la quantité d'études disponibles, à la fiabilité des études, ainsi qu'à la diversité de la filière végétale.

Les divergences relevées au niveau de certaines classes d'impacts s'expliquent par :

- ◆ des différences méthodologiques de type ACV entre les différentes études (limites du système étudié, méthodes d'évaluation de l'impact...),
- ◆ des incertitudes relatives à certaines données d'émissions de polluants, à la connaissance de la phase agricole et aux procédés de transformation de la biomasse.

Enfin, la convergence des résultats est sensiblement corrélée à la connaissance technologique de la filière, sauf pour le cas des tensioactifs où, malgré une connaissance technologique satisfaisante, les connaissances ACV sont limitées.

## Besoins complémentaires

Des besoins importants en données ACV ont été identifiés (détail dans les fiches par filières, cf. chapitre 7). Ils varient d'une filière à l'autre et proviennent :

- ♦ soit du manque d'études ACV complètes pour des filières pourtant bien connues du point de vue technologique (non prise en compte de l'ensemble des classes d'impacts, problème de choix d'unités fonctionnelles appropriées, non prise en compte de l'ensemble du cycle de vie...),
- ♦ soit du manque d'études ACV actualisées pour les filières en cours de développement technologique (une mise à jour s'impose).

## 4

# Bilan environnemental : le végétal par rapport au fossile

Pour cette comparaison, deux types d'analyse ont été retenus cf. Chapitre 6.3.

### 4.1 Comparaison par unité fonctionnelle

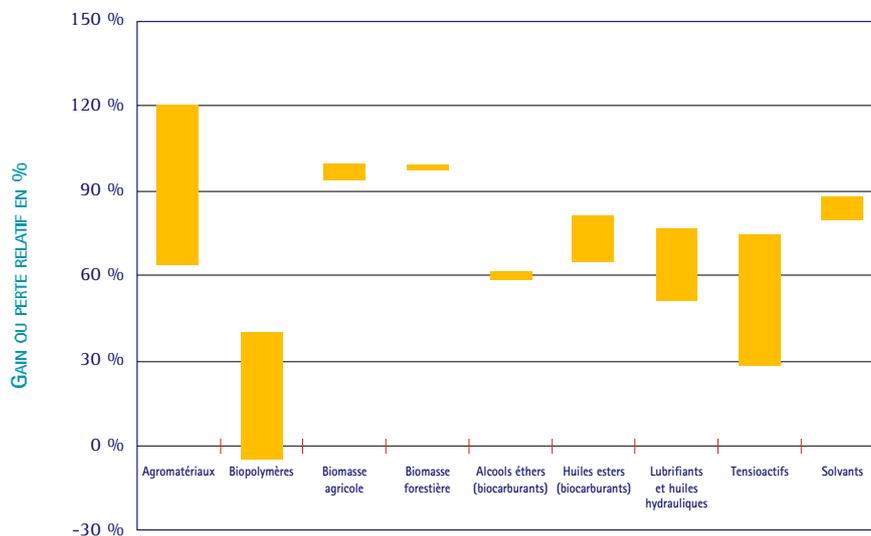
Le premier type d'analyse comptabilise le gain environnemental en valeur relative. Il s'agit de comparer les impacts des filières végétales par rapport aux impacts des filières fossiles, par unité fonctionnelle, c'est-à-dire pour un même service rendu. Par exemple, pour un mégajoule utile, la substitution de l'essence par du biocarburant à base d'éthanol permet une réduction de 51 à 64 % des émissions de gaz à effet de serre associées.

Lorsqu'un produit est composé de plusieurs matériaux et qu'une partie de ce produit est substituée par du végétal, il est important de rapporter le gain à la fraction du produit effectivement substituée.

$$\text{gain ou perte relatif} = \frac{\text{Impacts [Fossile - Végétal]}}{\text{Fossile substitué}} \text{ en \%}$$

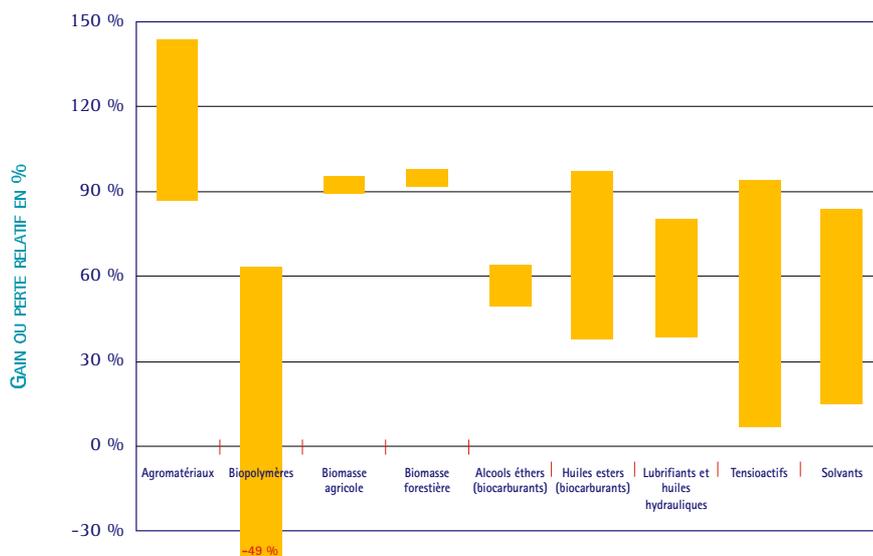
12

Les fourchettes de gain relatif mis en évidence dans les différentes études sont présentées dans les graphiques qui suivent cf. Graphique 1 - Graphique 2.



GRAPHIQUE 1

Comparaison végétal/fossile pour l'impact « consommation d'énergie primaire non renouvelable » par unité fonctionnelle



**GRAPHIQUE 2**  
**Comparaison végétal/fossile pour l'impact « émissions de gaz à effet de serre » par unité fonctionnelle**

Résultats :

- ◆ les agromatériaux, ainsi que les filières biomasse agricole et biomasse forestière, présentent les gains relatifs les plus favorables dans le domaine des classes d'impacts « énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre ». Pour ces filières, l'énergie de mise à disposition du produit est plus faible que pour les autres filières végétales.
- ◆ le bénéfice indirect des agromatériaux (par exemple le gain de poids grâce à l'utilisation de fibres végétales pour des pièces de voiture) cf. Chapitre 4.3 permet une démultiplication du bénéfice environnemental de la filière et engendre un gain supérieur à 100%.

Les bénéfices des deux classes d'impacts « énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre » sont assez fortement corrélés, sauf pour les filières qui utilisent de grandes quantités d'électricité d'origine hydraulique ou nucléaire.

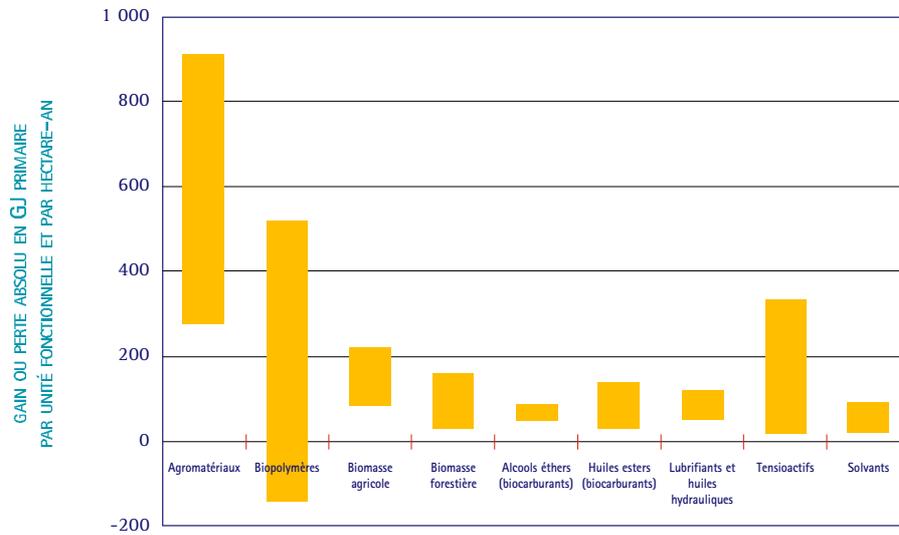
La représentation par unité fonctionnelle permet de classer les filières en trois principaux groupes, selon les gains relatifs pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et leur impact sur l'effet de serre cf. Tableau 4.

## 4.2 Comparaison par unité fonctionnelle et par unité de surface agricole

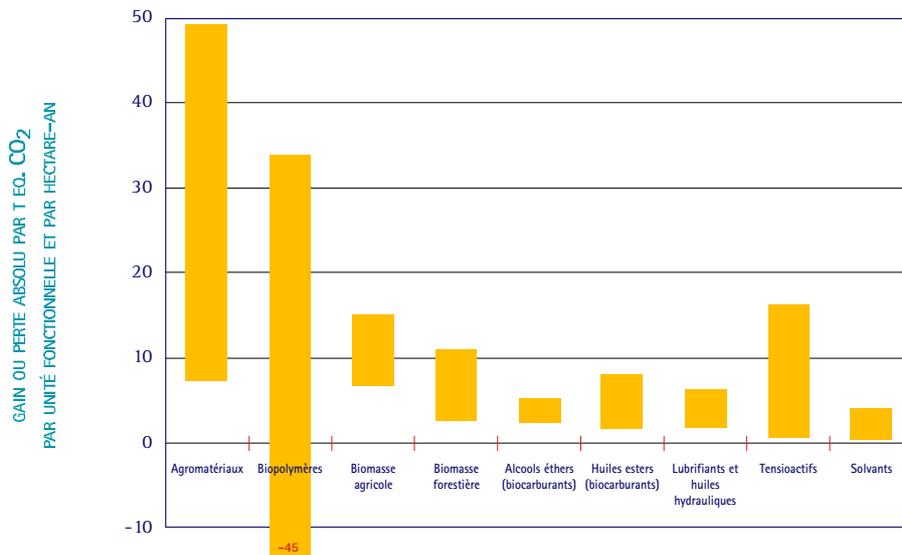
Le second type d'analyse aboutit à une comparaison en valeur absolue. Il s'agit de rapporter la différence d'impacts entre les filières fossiles et végétales à la surface agricole. Dans l'exemple de l'éthanol carburant cf. Chapitre 4.1, la substitution permet un gain de 3,2 à 5,8 t eq. CO<sub>2</sub> par hectare de biomasse valorisée.

$$\text{gain ou perte absolu} = \frac{\text{Impacts [Fossile - Végétal]}}{\text{Surface}} \text{ en GJ/ha-an ou en t eq. CO}_2\text{/ha-an}$$

Les fourchettes de gain en valeur absolue sont présentées dans les graphiques qui suivent cf. Graphique 3 - Graphique 4.



**GRAPHIQUE 3**  
**Comparaison végétal/fossile pour l'impact « consommation d'énergie primaire non renouvelable » par unité fonctionnelle et par unité de surface cultivée**



**GRAPHIQUE 4**  
**Comparaison végétal/fossile pour l'impact « émissions de gaz à effet de serre » par unité fonctionnelle et par unité de surface cultivée**

Résultats :

- ◆ les agromatériaux et les biopolymères (en dehors des polymères bactériens) présentent les gains absolus les plus favorables pour les classes d'impacts « énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre ».

- ◆ le bénéfice indirect des agromatériaux (gain de poids) cf. Chapitre 4.3 permet une démultiplication du bénéfice environnemental de la filière, comme c'était le cas pour la comparaison en valeurs relatives cf. Chapitre 4.1 Il permet également un gain bien supérieur à celui des autres filières.

La représentation par hectare cultivé permet de classer les filières en trois principaux groupes, selon leur potentiel de réduction absolu de la consommation d'énergie primaire non renouvelable et leur impact sur l'effet de serre cf. Tableau 4.

### 4.3 Faits marquants

La comparaison du végétal par rapport au fossile fait ressortir plusieurs enseignements majeurs et globaux pour l'ensemble des filières étudiées :

- ◆ sur la totalité des classes d'impacts, aucune filière végétale ne prédomine sur les autres.
- ◆ la substitution des filières fossiles par les filières végétales se traduit par une baisse des impacts « consommation d'énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre », sauf dans le cas des polymères bactériens et de certaines applications utilisant d'autres biopolymères.
- ◆ pour la classe d'impacts « eutrophisation », la faiblesse des filières végétales est révélée par les études ACV analysées, à l'exception des filières basées sur l'utilisation de co-produits.
- ◆ la majorité des études analysées montre que les filières végétales à vocation chimique ont un impact « acidification » moins fort que les filières fossiles. A contrario, ces mêmes études montrent que les filières végétales à vocation énergétique ont un impact « acidification » supérieur à celui des filières fossiles de référence.
- ◆ le manque de données ou leur faible fiabilité, ainsi que la variété des unités utilisées ne permettent pas de comparer les filières par rapport aux classes d'impacts destruction de la couche d'ozone, pollution photochimique, toxicité terrestre et aquatique, santé humaine.
- ◆ la normalisation des résultats au niveau européen montre que les gains en termes de consommation d'énergie primaire non renouvelable et d'émissions de gaz à effet de serre par hectare sont légèrement plus importants que les variations de l'eutrophisation et de l'acidification, en équivalent habitant.

Le tableau 4 présente la synthèse des résultats par hectare.

FILIERE <sup>5</sup>	Gain relatif au fossile substitué pour l'énergie et l'effet de serre <sup>1</sup>	Gain absolu par hectare pour l'énergie et l'effet de serre <sup>2</sup>
Agromatériaux <sup>4</sup>	fort	fort
Biopolymères	faible à moyen	faible à fort
Biomasse forestière	fort	moyen
Biomasse agricole	fort	moyen
Alcools éthers (biocarburants)	moyen	faible
Huiles esters (biocarburants)	moyen	faible
Lubrifiants et fluides hydrauliques	moyen	faible
Tensioactifs	moyen <sup>3</sup>	faible <sup>6</sup>
Solvants	moyen	faible

TABLEAU 4

Classement des filières en fonction de leurs gains relatifs et absolus pour les classes d'impacts « énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre »<sup>5</sup>

- (1) *Bénéfice fort (gain supérieur à 90 %/UF) ; bénéfice moyen (gain de 50 à 90 %/UF) ; bénéfice faible (gain inférieur à 30 %/UF).*
- (2) *Bénéfice fort (gain supérieur à 300GJ/ha-an ou 20tCO<sub>2</sub>/ha-an) ; bénéfice moyen (gain de 100 à 200GJ/ha-an ou 5 à 10tCO<sub>2</sub>/ha-an) ; bénéfice faible (gain inférieur à 100GJ/ha-an ou 5tCO<sub>2</sub>/ha-an).*
- (3) *Certaines sous-filières peuvent avoir un gain inférieur à ces performances.*
- (4) *En raison du peu de données comparatives, le bois matériau n'est pas intégré à cette comparaison.*
- (5) *La filière intermédiaires chimiques et autres n'est pas assez connue et trop hétérogène (du point de vue ACV) pour pouvoir figurer dans l'une de ces catégories.*
- (6) *Certaines sous-filières peuvent avoir un gain supérieur à ces performances.*

Les agromatériaux permettent de forts gains relatifs et absolus, en particulier par les avantages indirects qui démultiplient le gain de la filière, à l'exemple de la réduction du poids des véhicules, aussitôt suivie de la réduction de la consommation de carburant.

Les filières biomasse forestière et biomasse agricole permettent un fort gain relatif, lié à la faible énergie de mise à disposition du produit. Le gain absolu est moyen, légèrement plus élevé pour la biomasse agricole en raison d'un rendement cultural supérieur. Il importe toutefois d'améliorer la technologie de combustion, afin de diminuer l'impact de ces deux filières sur la santé humaine.

Le gain de la filière biopolymères est très variable et dépend très fortement de l'application et du matériau considérés. Il convient avant tout d'améliorer la consommation énergétique des procédés de production et la quantité de matériau utilisée par unité fonctionnelle, pour que les biopolymères soient en mesure de « rivaliser » avec la solution fossile qui leur correspond (par exemple pour les produits de calage).

Les autres filières présentent un gain relatif moyen et un gain absolu faible. Responsable : la chaîne amont de mise à disposition de la biomasse, parfois plus longue et plus complexe que dans la filière fossile. C'est en particulier le cas pour les biocarburants.

Les choix de l'unité fonctionnelle et de la filière de référence jouent un rôle important dans la comparaison. Par exemple, certains produits issus de la filière végétale ne présentent pas d'avantage intrinsèque significatif en terme d'impact environnemental (rapporté au kilogramme de produit). Mais, à fonction égale, c'est parce que les quantités utilisées de ces produits sont réduites qu'ils offrent un gain environnemental par rapport à leurs homologues fossiles.

Enfin, cette comparaison s'est majoritairement basée sur deux classes d'impacts, faute de données fiables pour les autres classes. Or, pour être complet, il faudrait considérer l'ensemble des classes d'impacts, seul moyen de réaliser une comparaison aboutie selon la méthodologie de l'Analyse de Cycle de Vie.

## 5.1 Pour les filières végétales

Les recommandations suivantes proposent l'optimisation de la ressource. Cependant, des contraintes autres qu'environnementales peuvent induire d'autres priorités. En effet, pour diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> dans les transports, il n'existe actuellement pas d'autre solution significative que l'incorporation des biocarburants ou la diminution de la consommation.

Pour optimiser le développement des filières végétales, il est donc souhaitable :

- ♦ de privilégier les filières où le potentiel est moyen à fort dans les domaines de l'énergie et de l'effet de serre (agromatériaux, biopolymères, biomasse agricole et biomasse forestière), tout en prenant en compte les exceptions.
- ♦ de favoriser les filières dans lesquelles les matériaux ou les énergies issus du végétal présentent des caractéristiques intrinsèques supérieures à celles de leurs homologues fossiles (résistance, poids, durée de vie, quantités nécessaires pour remplir la même fonction...), ainsi que de rechercher les avantages :
  - directs (une faible énergie de mise à disposition, inférieure ou comparable à celle de la filière fossile, une durée de vie supérieure pour les matériaux, etc.),
  - indirects (une économie de carburant consécutive à la réduction du poids d'un véhicule pouvant permettre à la filière végétale de présenter un avantage comparatif supérieur à 100% par rapport à la filière fossile) cf. Chapitre 4.1.
- ♦ de favoriser les synergies entre filières (utilisation de co-produits...).
- ♦ de favoriser l'amélioration technologique pour l'ensemble des filières. La conversion de l'énergie est un paramètre fort, en particulier pour toutes les applications énergétiques. L'amélioration des technologies dans les filières agromatériaux (fibres), biopolymères, biomasse forestière et biomasse agricole doit donc constituer une priorité. Car, en dehors de la filière tensioactifs, on l'a vu, les filières végétales sont bien moins développées que les filières fossiles du point de vue technologique et en termes de parts de marché.

L'intégration cohérente d'autres facteurs actuellement limitants pour le développement des filières végétales, tels que le potentiel du marché et la viabilité économique, serait aussi souhaitable.

## 5.2 Pour l'amélioration des connaissances ACV

L'évaluation du bilan environnemental des filières végétales pourrait être fait par :

- ♦ un élargissement des connaissances ACV des domaines porteurs (fort potentiel sur des marchés restreints et/ou potentiel moyen sur des marchés importants) et une meilleure quantification des gains environnementaux des filières concernées : recueil des données ACV manquantes et mise à jour des données ACV obsolètes. L'évolution technologique rapide de la majorité des filières végétales nécessite une actualisation d'une partie des données disponibles. L'intégration des chaînes logistiques (transport longue distance), peu étudiée dans les études ACV, doit également être une priorité.
- ♦ l'utilisation de l'outil ACV en R&D pour investir dans les filières les plus prometteuses,
- ♦ l'extension de l'outil ACV aux autres facteurs limitants, par exemple au couplage à une étude économique (analyse du cycle des coûts) et à une étude du potentiel de substitution à l'échelle d'un marché.

### 6.1 Etude bibliographique

Une étude bibliographique internationale a été réalisée de façon exhaustive. Pour les dix filières végétales concernées, les auteurs ont recueilli les études ACV postérieures à 1998, afin de pouvoir les examiner au regard de la normalisation internationale actuelle (publiée à partir de 1997, publications de la norme ISO 14040). Toutefois, lorsqu'aucune donnée récente n'était disponible, certaines études antérieures à 1998 ont été prises en considération. Pour pouvoir extraire le plus finement possible les documents relatifs à chaque filière, les sources d'information consultées ont été les échanges avec des personnalités et organismes des secteurs concernés, la presse spécialisée, les bases de données (ex. : Web of Science), internet...

### 6.2 Analyse de la qualité des études et sélection

A partir de la bibliographie sélectionnée, une analyse critique a porté sur les études recensées. Objectif : ne retenir que les plus pertinentes, filière par filière. Leur analyse, systématique et objective, s'est ensuite déroulée selon une batterie de critères précis.

### 6.3 Comment comparer les filières ?

La comparaison inter-filières nécessite d'appliquer une nouvelle méthodologie. Le but n'est pas de donner des valeurs types par filière (l'état des connaissances ne le permet pas toujours), mais de dégager certaines tendances sur la base des ACV disponibles. Deux types de comparaisons possibles pour les filières végétales sont présentées dans cette synthèse cf. [Tableau 5](#).

NIVEAU DE COMPARAISON	TYPE DE COMPARAISON	AVANTAGES	LIMITES	RÉSULTATS
Pour l'ensemble des applications	Impacts [fossile - végétal] par unité fonctionnelle et par hectare	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permet une comparaison pour toutes les filières végétales et fossiles</li> <li>Montre l'optimisation des surfaces agricoles disponibles</li> </ul>	Ajoute des incertitudes supplémentaires (rendement, quantité de matière végétale nécessaire par unité fonctionnelle, co-produits)	VALEUR ABSOLUE
Pour l'ensemble des applications	Impacts [fossile - végétal] / fossile substitué par unité fonctionnelle <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permet une comparaison pour toutes les filières végétales et fossiles</li> <li>Met en évidence les produits qui ont une faible énergie renouvelable de mise à disposition</li> </ul>	Ne met pas en évidence le gain absolu	VALEUR RELATIVE (par rapport au produit fossile substitué)
Par application <sup>1</sup>	Impacts [fossile - végétal] par unité fonctionnelle	Respecte la fonction du système	N'a pas de sens pour des systèmes qui ont des unités fonctionnelles différentes	VALEUR ABSOLUE
Par matériau / énergie <sup>1</sup>	Impacts [végétal] et Impacts [fossile] par kilogramme ou par mégajoule utile	Permet une comparaison facile	Fausse parfois la comparaison (quantités différentes par unité fonctionnelle)	VALEUR ABSOLUE

**TABLEAU 5**  
Atouts et limites des comparaisons entre les filières végétales et les filières fossiles de référence qui leur correspondent

(1) Ces comparaisons ne sont pas détaillées dans la présente synthèse car elle ne sont pas adaptées à la comparaison inter-filières.

(2) Cf. Chapitre 4.1

Selon que l'utilisation des surfaces agricoles disponibles est considérée ou non, deux types de comparaison peuvent être présentés **cf. Tableau 5** :

- ◆ la comparaison des gains relatifs permet d'identifier les filières et produits qui nécessitent une faible énergie de mise à disposition **cf. Chapitre 4.1 - Graphique 1 - Graphique 2**.
- ◆ Si l'utilisation des surfaces agricoles disponibles est optimisée, la comparaison des gains absolus par unité fonctionnelle et par hectare de surface cultivée est clairement préférable à la comparaison en valeur relative **cf. Chapitre 4.2 - Graphique 3 - Graphique 4**. A titre d'exemple, en France, il serait impossible de substituer la totalité des carburants fossiles par des biocarburants produits sur l'ensemble de la surface agricole disponible.

**NB** : les plages de valeurs observées lors de cette comparaison ne peuvent et ne doivent pas être utilisées comme valeurs de référence ou comme valeurs moyennées. En effet, les intervalles de valeurs obtenus ne reflètent pas l'incertitude du bilan environnemental des filières végétales, mais dépendent de la diversité des filières et des études ACV disponibles.

## **6.4** *Format de restitution*

La méthodologie adoptée pour effectuer l'état de l'art des études ACV des filières végétales a permis de produire trois types de documents. Dans l'ordre : des fiches par étude, des fiches par filière, une synthèse comparative globale.

- ◆ Rédaction d'une fiche par étude ACV : le principe d'une étude par fiche a été retenu. Seuls les états de l'art ont fait exception à cette règle, puisqu'ils ne sont pas à proprement parler des études ACV.
- ◆ Rédaction d'une fiche par filière : le principe d'une structure d'abord détaillée puis synthétique a été choisi. Il reprend les résultats pour chaque filière étudiée **cf. chapitre 7**.
- ◆ Expertise externe : le travail réalisé par BG Ingénieurs-conseils et l'EPFL a fait l'objet d'une validation par les experts de l'ADEME. D'autres d'experts, reconnus pour leur compétence dans les différentes filières, ont également été consultés (industriels, laboratoires de recherche).
- ◆ Synthèse globale : elle a été rédigée à partir de l'état des connaissances ACV des dix filières et de la comparaison inter-filières. Les résultats répertoriés ont été synthétisés sur la base d'une analyse à trois niveaux (du plus synthétique au plus détaillé) :
  - 1<sup>er</sup> niveau : fiches par filière synthétique
  - 2<sup>e</sup> niveau : fiches par filière détaillée
  - 3<sup>e</sup> niveau : fiches bibliographiques par étude ACV

Ces résultats sont disponibles sur le site internet : [www.ademe.fr/agrice](http://www.ademe.fr/agrice) (rubrique « Publications »).