

Fiches

PAR FILIÈRES

Sommaire

7.	FICHES DE SYNTHÈSE PAR FILIÈRE	20
7.1	Guide de lecture d'une fiche	22
	◆ caractéristiques de la filière	22
	◆ impacts environnementaux des sous-filières végétales/sous-filières fossiles	22
	◆ paramètres influençant le bilan environnemental et leviers d'amélioration	23
	◆ qualité de la bibliographie disponible (ensemble des études)	23
	◆ évaluation quantifiée de quelques indicateurs	24
	◆ discussion	25
	◆ bibliographie analysée (principales études)	25
7.2	Fiches	25
	◆ agromatériaux	26
	◆ alcools éthers (biocarburants)	32
	◆ huiles esters (biocarburants)	38
	◆ biomasse forestière	44
	◆ biomasse agricole	50
	◆ biopolymères	56
	◆ tensioactifs	62
	◆ lubrifiants et fluides hydrauliques	68
	◆ solvants	74
	◆ intermédiaires chimiques et autres	80
8.	GLOSSAIRE	86
8.1	Les filières végétales	88
8.2	Les classes d'impacts sur l'environnement	90
9.	ABRÉVIATIONS	93

7

Fiches de synthèse par filière

7.1 Guide de lecture d'une fiche

Caractéristiques de la filière

- ◆ L'ordre dans lequel les filières végétales sont listées reflète leur importance au niveau français.
- ◆ Seules les biomasses prises en compte dans les ACV inventoriées sont répertoriées.

Lien entre la filière végétale et la ou les filière(s) fossile(s) substituée(s).

Produit ou application dans la filière.

FILIERE VÉGÉTALE (FILIERE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE SELON LA FILIERE)	UTILISATION PRINCIPALE
A	Éléments de structure		
B	Panneaux de particules	Biomasse ou molécule utilisée pour fabriquer le produit considéré.	Utilisation la plus courante du produit considéré.

22

TABLEAU 6
Description de la filière

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS	PRODUITS		Éléments de structures en massif		Éléments de structures en lamellé-collé		Fibres naturelles et polymères pétrochimiques ¹	Fibres naturelles et biopolymères ¹
	Utilisation principale		Structure pour le bâtiment				Pièces pour les transports (palettes, voitures)	
Filière de référence	béton	acier	béton	acier	béton	acier	fibre de verre	fibre de verre
Consommation d'énergie non renouvelable	++	++	n.d.	+	+++			
Effet de serre fossile...	++	+	n.d.	+	+ ¹			++ ²

Les différentes colonnes apportent une indication sur l'ampleur du bilan global de la filière (impacts générés par la filière végétale auxquels on a soustrait les impacts générés par la filière fossile).

TABLEAU 7
Impact environnemental de la filière

Le bilan est évalué par unité fonctionnelle, sauf dans le cas de la filière tensioactifs, en raison d'un manque de données disponibles.

Le ratio bénéfice/préjudice est calculé par rapport à la filière fossile de référence correspondante et harmonisé entre les différentes filières végétales :

- ++** *très favorable* : impact évité >> impact généré (différence au moins égale à 50 %).
- +** *favorable* : impact évité > impact généré (différence comprise entre 20 et 50 %).
- 0** *indifférent* : impact évité sensiblement identique à l'impact généré (différence au plus égale à 20 %).
- *défavorable* : impact évité < impact généré (différence comprise entre 20 et 50 %).
- *très défavorable* : impact évité << impact généré (différence au moins égale à 50 %).
- +/-** *résultat dépendant de paramètres clés* : le signe (positif ou négatif) du bilan varie fortement en fonction de paramètres identifiés (exemple : choix d'une technologie...).
- ?** *pas de données fiables disponibles* : le bénéfice ou le préjudice ne peut être évalué en raison du manque de fiabilité des connaissances en la matière.
- n.d.** *pas de données disponibles.*

Paramètres influents et leviers d'amélioration

Cette section résume, sous la forme d'un tableau, l'état des connaissances concernant l'influence des paramètres clés de la filière (forte, faible, indéterminée).

La notion de paramètre influençant fortement ou non le bilan environnemental est très difficile à déterminer. Elle doit reposer sur la définition d'un référentiel pertinent. La règle retenue a été la suivante :

- ◆ le paramètre est dit fortement influant lorsque la différence entre l'impact généré et l'impact évité est au moins égale à 20 %.
- ◆ le paramètre est dit non influant lorsque la différence entre l'impact généré et l'impact évité est au plus égale à 20 %.
- ◆ l'influence du paramètre est dite indéterminée lorsque l'on ne dispose pas de données du tout ou pas de données fiables.

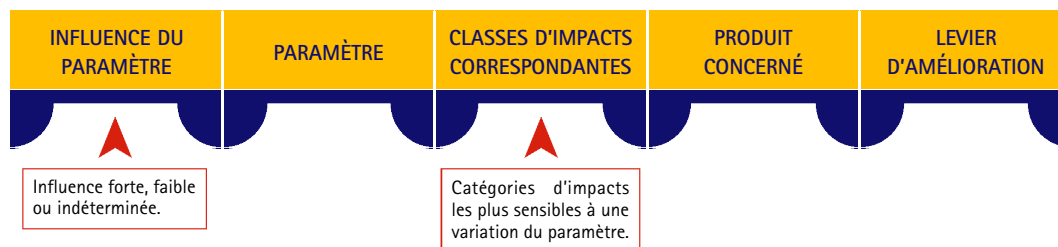


TABLEAU 8
Paramètres influençant le bilan environnemental

Qualité des études sélectionnées

Six indicateurs sur l'état des connaissances ACV ont abouti à une estimation semi-quantitative des données ACV disponibles pour la filière, sur une échelle à cinq échelons (de très faible à très fort).

Paramètres : diversité des scénarios, fiabilité des connaissances, sensibilité technologique, sensibilité géographique, convergence des résultats, besoins complémentaires.

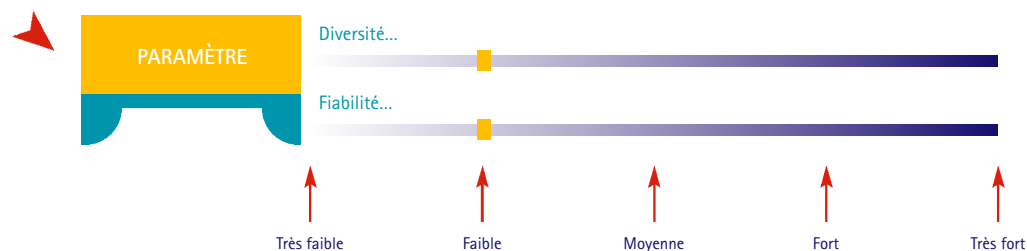


TABLEAU 9
Analyse de la bibliographie

Diversité des scénarios étudiés :

Plus les types de scénarios étudiés dans les ACV sont variés, plus le score est élevé. Les points suivants sont en particulier relevés :

- diversité des études rencontrées,
- répartition des études entre les sous-filières,
- états de l'art significatifs.

Fiabilité des connaissances :

Plus les connaissances ACV sont solides, complètes et cohérentes entre elles, plus le score (attribué après analyse de la cohérence des résultats issus d'études distinctes) est élevé.

La richesse des analyses de sensibilité, disponibles dans l'ensemble des études, est aussi prise en compte dans la notation.

Sensibilité technologique :

Influence du type de technologie choisi dans la filière.

Sensibilité géographique :

Sensibilité d'une filière par rapport à des conditions géographiques spécifiques.

Convergence des résultats :

Cet indicateur traduit la convergence ou non des résultats pour l'ensemble des études. On s'est attaché à expliquer les causes d'une non convergence, si elle existe.

Besoins complémentaires en données de type ACV :

Le score traduit le besoin d'enrichir la base de connaissances actuelles. Suite à l'analyse critique d'un certain nombre de références bibliographiques, les besoins en données complémentaires ont été pointés. Soit les données sont manquantes, soit on est confronté à une forte incertitude, ce qui est le cas pour :

- les données d'inventaire,
- les données d'évaluation de l'impact.

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Dans le cas de la convergence des résultats dans les classes d'impacts « consommation d'énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre », les valeurs moyennes des gains obtenus, ou des fourchettes de valeurs, sont présentées.

Discussion

Lorsqu'une discussion globale sur la filière a lieu, elle peut mettre en évidence des liens entre certaines filières et à propos de certains leviers d'amélioration. Les points suivants peuvent être abordés :

- état des connaissances ACV de la filière,
- éléments clés de la filière et leviers d'amélioration,
- ouverture et liens avec d'autres filières végétales.

Index bibliographique

Les références des principales études analysées, selon les critères de qualité préalablement définis cf. [Chapitre 6](#), ont été synthétisées. Le [tableau 10](#) fait la synthèse des différentes études sélectionnées et mises sous forme de fiches.

TITRE	DATE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRITIQUE
-------	------	------------	-------------	----------------

TABLEAU 10
Bibliographie analysée dans les fiches par étude

7.2 Fiches

Les 10 filières végétales analysées sont détaillées dans les fiches qui suivent, selon un ordre établi d'après l'importance des données disponibles pour chacune d'elle :

- ◆ agromatériaux
- ◆ alcools éthers (biocarburants)
- ◆ huiles esters (biocarburants)
- ◆ biomasse forestière
- ◆ biomasse agricole
- ◆ biopolymères
- ◆ tensioactifs
- ◆ lubrifiants et fluides hydrauliques
- ◆ solvants
- ◆ intermédiaires chimiques et autres.

Agromatériaux

Les agromatériaux rassemblent les biomatériaux formés de mélanges de fibres naturelles et de polymères, ainsi que le bois matériau en tant qu'élément de construction dans les structures (habitat, constructions industrielles...). La production de meubles et d'autres éléments non structurels (fenêtres, portes, planchers...) a été laissée de côté dans la présente étude.

1 Caractéristiques

FILIÈRE VÉGÉTALE (FILIÈRE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE
A	Eléments de structures massifs	Bois (sapin...)	Eléments de construction (poutres, chevrons, villas, immeubles, bâtiments commerciaux et industriels)
B	Eléments de structures en lamellé-collé	Bois (épicéa, pin douglas)	Eléments de construction (poutres, bâtiments commerciaux et industriels)
C	Panneaux de particules	Co-produits de l'industrie du bois	Eléments de construction (bâtiments commerciaux et industriels...)
D	Linoléum	. Jute (fibres) . Bois et/ou liège (poudre agglomérée) . Lin (huile)	Revêtements de sol
E	Pièce en mélange de fibres naturelles et de polymères pétrochimiques	. Jonc de Chine (fibres) . Chanvre (fibres) . Lin (fibres) . Sisal (fibres)	. Palettes de transport . Pièces de voitures
F	Pièce en mélange de fibres naturelles et de biopolymères	. Jonc de Chine (fibres) . Cellulose (diacétate)	. Palettes de transport . Pièces de voitures
G	. Textile Isolant thermique . Plastique renforcé avec des fibres de chanvre	. Chanvre . Herbe (foin)	. Textile . Isolation . Divers
FILIÈRES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B	Eléments de structure en acier	-	Eléments de construction
A / B	Eléments de structure en béton	-	Eléments de construction
E / F	Pièce en mélange de fibres de verre et de polymères pétrochimiques	-	. Palettes de transport . Pièces de voitures
E / F	Pièce en polymères pétrochimiques	-	Pièces de voitures
E / F	Pièce en magnésium	-	Pièces de voitures

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS	PRODUITS		Éléments de structures en massif		Éléments de structures en lamellé-collé		Fibres naturelles et polymères pétrochimiques ⁴		Fibres naturelles et biopolymères ¹	
	Utilisation principale		Structure pour le bâtiment				Pièces pour les transports (palettes, voitures)			
Filière de référence			béton	acier	béton	acier	fibre de verre		fibre de verre	
Consommation d'énergie non renouvelable	++		++	++	n.d.	+	+++			
Effet de serre fossile	++		+	+	n.d.	+	+ ¹		++ ²	
Eutrophisation	0		0	0	n.d.	0	-		--	
Acidification	?		?	?	n.d.	?	+		+	
Destruction de la couche d'ozone	n.d.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0 ³		n.d.	
Pollution photochimique	?		?	?	n.d.	?	+		+	
Toxicité terrestre	?		?	?	n.d.	?	0 ³		0	
Toxicité aquatique	++		++	++	n.d.	++	+ ³		+	
Santé humaine	n.d.		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	+ ³		+	

(1) Pour cette sous-filière, il n'existe qu'une étude sur les palettes de transport (Payet, 2000) et une étude sur une pièce de voiture, qui repose sur les mêmes données de base (Margand et al., 2003).

(2) Les filières de référence (Rebitzer et al., 2003) présentent un meilleur bilan au regard de l'effet de serre, lequel dépend fortement de la valorisation en fin de vie. L'étude considérée prévoit que les différents composants de la palette et de la pièce de voiture en fibre de verre soient recyclés, contrairement aux composants des filières végétales qui sont incinérés.

(3) Très peu de valeurs numériques sont disponibles (une ou deux études).

(4) Si la matrice du composite est également issue de la filière végétale, le bilan s'améliore en fonction de la performance environnementale du biopolymère utilisé.

Après substitution des produits conventionnels par des produits contenant des fibres naturelles, le bénéfice en termes d'énergie primaire non renouvelable et d'effet de serre peut être très grand.

Ainsi, les applications liées au transport, dont les produits d'origine végétale (palettes, pièces de voitures...) peuvent être plus légers que leurs homologues fossiles conventionnels, permettent un gain d'énergie qui peut atteindre plusieurs centaines de Gigajoules (GJ) d'énergie primaire non renouvelable par hectare de culture de fibres. Si l'on inclut la phase d'utilisation, ce gain peut même dépasser 1000 GJ par hectare de culture.

Pour ces applications, le gain indirect intervient à deux niveaux :

- ◆ à fonction identique, les quantités utilisées sont moindres qu'avec les fibres conventionnelles, car les caractéristiques physiques des fibres naturelles sont souvent meilleures ;
- ◆ pendant la phase d'utilisation, la réduction du poids favorise les économies d'énergie (carburant par exemple).

Par comparaison avec les filières fossiles, les matériaux composites (fibres naturelles et biopolymères) et le bois brut (utilisé comme élément de construction) présentent le bilan le plus favorable de toutes les sous-filières étudiées, en termes de consommation d'énergie primaire non renouvelable et d'effet de serre.

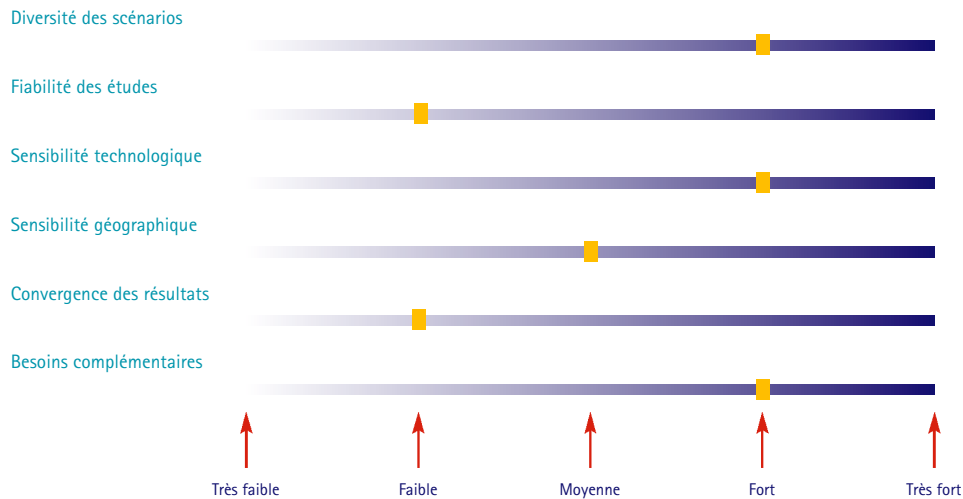
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Durée de vie	Toutes	Tous	Améliorer la durée de vie des biomatériaux produits
	Type d'utilisation (isolation thermique ou structures dans la construction)	Toutes	Tous les éléments bois et fibre destinés à la construction	Privilégier les applications où les performances intrinsèques du produit végétal sont meilleures que celles des fossiles correspondants (meilleur pouvoir isolant...)
	Type de valorisation en fin de vie : soit incinération ou mise en décharge, soit recyclage	. Utilisation de ressources . Effet de serre . Toutes	. Pièces de voitures . Eléments de structure en massif ou lamellé-collé	S'assurer que la valorisation en fin de vie est adaptée et effectivement réalisée
	Type d'utilisation (poids des produits dans des applications liées au transport)	. Utilisation de ressources . Effet de serre . Santé humaine	. Pièces de voitures . Palettes de transports	Privilégier les applications où les performances intrinsèques du produit végétal sont meilleures que celles des fossiles correspondants (poids...)
	Choix de l'unité fonctionnelle (quantité utilisée par unité fonctionnelle par rapport aux produits conventionnels)	Toutes	Eléments de construction, panneaux de particules	-
	Type d'utilisation (maison individuelle, immeuble, hangar...) et type de structure (horizontale, verticale)	Toutes	Eléments de structure en massif et lamellé-collé	Privilégier les applications où les performances intrinsèques du produit végétal sont meilleures que celles des fossiles correspondants (portance...)
	Type d'utilisation (proportion de fibres dans le produit final)	. Utilisation de ressources . Effet de serre . Toxicité humaine	. Pièces de voitures . Palettes de transports	Privilégier les applications où les performances intrinsèques du produit végétal sont meilleures que celles des fossiles correspondants (résistance...)
	Transport (matière première)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	Eléments de structure en massif ou lamellé-collé	Limiter le transport de la matière première
	Technologie dans la phase de production : séchage du bois, utilisation de produits annexes (résines...)	. Energie . Effet de serre	. Eléments de structure . Panneaux de particules	Améliorer la phase de production (séchage)
	Technologie dans la phase de production (culture et traitement des fibres)	. Utilisation de ressources . Eutrophisation . Acidification . Toxicité aquatique	. Pièces de voitures . Palettes de transport	Améliorer la production et le traitement des fibres
	Technologie dans la phase d'utilisation (entretien du sol)	Toutes	Linoléum	Tenir compte de l'entretien du sol lors de l'évaluation des impacts environnementaux
INDÉTERMINÉE	Technologie dans la phase de production (nature des pigments)	-	Pigments dans le linoléum	Etudier les autres composants du linoléum
	Matière première utilisée (essence de bois)	-	Eléments de structure en massif ou lamellé-collé	Etudier l'influence de l'essence de bois utilisée

4

Qualité des études sélectionnées



On note une certaine similitude entre les applications liées au transport (pour les fibres) et les applications liées à la construction de logements individuels ou collectifs (pour les sous-filières du bois). Plusieurs états de l'art significatifs ont été mis en évidence pour cette filière. Les sous-filières liées au bois matériau sont bien étudiées. Les sous-filières liées aux agromatériaux à base de fibres le sont beaucoup moins.

La fiabilité est acceptable pour les sous-filières bois, mais assez faible pour les sous-filières fibres (technologies au stade du développement).

La sensibilité technologique est assez forte pour les fibres et moyenne pour le bois. La sensibilité géographique est moyenne pour les fibres (phase agricole) et moyennement forte pour le bois (mode de production, climat...).

Les études n'indiquent pas de convergence globale des résultats pour les fibres (applications assez différentes). En revanche, la convergence est assez satisfaisante pour le bois.

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ◆ émissions au niveau de la phase agricole : cultures des fibres, sylviculture d'espèces locales,
- ◆ production et transformation des fibres : produits composites, matrices végétales, produits auxiliaires (lasures, pigments...),
- ◆ émissions relatives à la fin de vie des matériaux : mise en décharge, incinération (différentes technologies), recyclage,
- ◆ évaluation de l'impact environnemental sur l'eutrophisation, l'acidification, la destruction de la couche d'ozone, la pollution photochimique, l'écotoxicité et la santé humaine.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Une quantification du gain environnemental pour le bois de construction (brut, lamellé, panneaux...) n'est pas possible, car l'impact environnemental des filières fossiles de référence n'est pas évalué dans des unités qui permettent une comparaison.

Le gain environnemental de la filière agromatériaux, observé dans les différentes études sur les fibres, varie fortement selon le type d'application et selon les paramètres clés identifiés **cf. Chapitre 3**. Il peut s'élever à plusieurs centaines de GJ/ha pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et à plusieurs dizaines de t éq. CO₂ /ha pour l'effet de serre.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats contradictoires, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

30

La filière est assez bien connue du point de vue ACV pour les sous-filières bois. Les sous-filières fibres sont moins étudiées.

La durée de vie et la valorisation en fin de vie sont des paramètres importants pour toutes les applications de la filière agromatériaux.

La phase d'utilisation est importante pour les applications bois (isolation et chauffage du logement bois...) et fibres (consommation de carburant en fonction du poids).

Même si la filière agromatériaux présente des résultats intéressants, son potentiel d'amélioration reste élevé, en particulier pour les fibres, du fait de l'optimisation technologique à atteindre.

La filière agromatériaux est la seule filière végétale étudiée qui permette un gain indirect (gain de poids pour un véhicule, donc de carburant lors de la phase d'utilisation). Ce gain explique en partie son bilan.

Le développement des agromatériaux doit tenir compte de celui de leurs homologues fossiles. Il convient d'éviter les mélanges entre les deux, susceptibles d'engendrer des problèmes lors du recyclage.

7

Index bibliographique

168 références inventoriées, 99 études recensées, 12 études sélectionnées

Voir tableau ci-contre.

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
REBITZER G., SCHMIDT W.-P., <i>Design for Environment in the Automotive Sector with the Materials Selection Tool euroMat, Gate to EHS</i>	mars 2003	Life Cycle Management - Design for Environment, vol. 17, pp. 1-4.	. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Allemagne) . Ford Motor Company (Allemagne)	. Technische Universität Berlin (Allemagne) . Ford Motor Company (Allemagne)	Non
BETZ M., COEN D., DEIMING S., KREISSIG J., <i>Thermische Verwertung von Holzprodukten Inputabhängige Modellierung der End-of-Life Prozesse von Holz</i> (valorisation thermique des produits à base de bois et modélisation de leur fin de vie)	sept. 2002	D e u t s c h e Gesellschaft für Holzforschung, PE Europe GmbH	. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) . Holzabsatzfonds (Allemagne)	PE Europe GmbH (Allemagne)	Non
BUCKET E., <i>Analyse de cycle de vie d'une poutre générique en bois lamellé collé</i>	juin 2002	CTBA, 71 p.	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME - France)	Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA - France)	Oui
HASCH J., <i>Ökologische Betrachtungen von Holzspan und Holzfasenplatten</i> (considérations écologiques de panneaux de particules)	2002	Dissertation, Hamburg Universität	. Universität Hamburg . Bundeswirtschaftsministerium (Allemagne)	Universität Hamburg (Allemagne)	Oui
POHLMANN C.M., <i>Ökologische Betrachtung für den Hausbau - Ganzheitliche Energie- und Kohlendioxidbilanzen für zwei verschiedene Holzhauskonstruktionen</i> (étude écologique de l'habitat - bilans énergétiques et bilans de CO ₂ pour différents systèmes constructifs en bois)	2002	Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Uni. Hamburg, Fachbereich Biologie, 274 p. (www.sub.uni-hamburg.de/disse/712/dissertation.pdf)	Universität Hamburg, Fachbereich Biologie (Allemagne)	Universität Hamburg, Fachbereich Biologie (Allemagne)	Oui
SCHARAI-RAD M., WELLING J., <i>Environmental and energy balances of wood products and substitutes</i>	2002	Hamburg University, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (www.fao.org/DOCREP/004/Y3609E/y3609e00.htm)	Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO - Italie)	Hamburg University, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (Allemagne)	Non
GLOVER J., <i>Which is better ? Steel, concrete or wood : a comparison of assessments on three building materials in the housing sector</i>	2001	Four year thesis, University of Sydney	University of Sydney (Australie)	University of Sydney (Australie)	Non
BINZ M., ERB M., LEHMANN G., <i>Ökologische Nachhaltigkeit im Wohnungsbau, Eine Bewertung von Erneuerungsstrategien</i> (continuation écologique dans la construction immobilière, une évaluation de stratégies de renouvellement)	avril 2000	Fachhochschule beider Basel, Institut für Energie, Muttenz, Bundesamt für Energie IKEA-Stiftung Migros-Genossenschaftsbund Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft	. Bundesamt für Energie . IKEA-Stiftung . Migros-Genossenschaftsbund . Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft (Suisse)	. Fachhochschule beider Basel, Institut für Energie . Zentrum für Energie- und Nachhaltigkeit im Bauwesen (EMPA - Suisse)	Oui
GORREE M., GUINEE J.B., HUPPES G., VAN OERS L., <i>Environmental Life Cycle Assessment of Linoleum - final report</i>	2000	Leiden: Centre of Environmental Science, Leiden University, 56 p. (www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/publications/calinoileum.pdf)	Forbo-Krommenie B.V. (Pays-Bas)	Centre des sciences de l'environnement de l'Université de Leiden (Pays-Bas)	Oui
PAYET J., <i>Analyse de Cycle de Vie de biomatériaux d'emballage et méthode d'évaluation de l'impact sur les écosystèmes</i>	2000	Swiss Federal Institute of Technology Lausanne, ADEME 70 p.	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME - France)	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL - Suisse)	Non
DIENER J., SIEHLER U., <i>Ökologischer Vergleich von NMT- und GMT-Bauteilen</i> (comparaison écologique d'éléments NMT et GMT)	1999	Die Angewandte Makromolekulare Chemie, vol. 272, n° 4744, pp. 121-127.	Daimler-Chrysler SA (Allemagne)	Daimler-Chrysler SA (Allemagne)	Non
WÖTZEL K., WIRTH R., FLAKE M., <i>Life cycle studies on hemp fibre reinforced components and ABS for automotive parts</i>	1999	Die Angewandte Makromolekulare Chemie, vol. 272, n° 4763, pp. 121 - 127.	Audi SA (Allemagne)	. Technische Universität Braunschweig (Allemagne) . Seeber Systemtechnik (Allemagne)	Non

Alcools éthers (biocarburants)

Les alcools sont des biocarburants ou des biocombustibles (pile à combustible) utilisés en proportions variables dans l'essence sans plomb (éthanol, méthanol), soit en tant qu'additifs (moins de 5 % du mélange), soit en tant que composants (dès 5 % du mélange), soit comme carburants à part entière (100 %). Leurs éthers sont utilisés en proportions variables dans l'essence sans plomb (ETBE) et dans le diesel (DME).

1 Caractéristiques

FILIÈRE VÉGÉTALE (FILIÈRE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE
A	Bioéthanol	. Betterave, blé, bois, canne à sucre, herbe, maïs, millet, pomme de terre . Bagasse de canne à sucre, coproduits forestiers, paille de céréales, d'oléagineux et de riz, petit lait, vieux papiers ¹ , vin	. Additif . Composant . Carburant . Combustible
B	Ethyl-Tertio-Buthyl-Ether (ETBE)	. Betterave, blé, bois, herbe, maïs . Paille, petit lait, vieux papiers ¹	. Additif . Composant
C	Biométhanol	Bois	. Additif . Composant . Carburant . Combustible
D	Diméthyl éther (DME)	Bois	. Additif . Composant
FILIÈRES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B / C	Essence sans plomb	-	Carburant
A ² / D	Diesel	-	Carburant
C	Méthanol	-	. Additif . Composant . Carburant . Combustible
B	Méthyl-Tertio-Buthyl-Ether (MTBE)	-	Additif

(1) Filière en développement.

(2) En tant qu'additif.

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS ⁷	PRODUITS			
	Bioéthanol	ETBE	Biométhanol	BioDME
	<i>Utilisation principale</i>		<i>Transport</i>	
Filière de référence	essence	MTBE	méthanol	DME
Consommation d'énergie non renouvelable	++ ¹	+	++	++
Effet de serre fossile	++ ¹	+	++	+
Eutrophisation	+/- ²	+/-	-	+/-
Acidification	-	-	-	+/-
Destruction de la couche d'ozone	? ³	? ³	+/-	+/-
Pollution photochimique	+/-	+/-	-	+/-
Toxicité terrestre	? ⁵	? ⁵	? ⁵	? ³
Toxicité aquatique	? ⁵	? ⁵	? ⁵	? ³
Santé humaine	+/- ⁴	? ⁵	? ^{5 & 6}	? ³

- (1) Le gain de l'incorporation d'éthanol à l'essence est supérieur à celui de l'incorporation d'éthanol au diesel. Parmi les différents modes de production d'éthanol, l'éthanol cellulosique semble avoir le bilan le plus favorable.
- (2) La production d'éthanol devient défavorable pour cette classe d'impact en cas de production à partir d'une culture intensive en remplacement de l'utilisation d'un co-produit.
- (3) Les résultats des études sont très divergents.
- (4) Le bilan varie selon plusieurs paramètres (émissions lors de la phase de combustion, incorporation d'éthanol à l'essence ou au diesel, type de véhicule). Il est également différent si l'on considère les effets cancérigènes ou respiratoires sur l'homme.
- (5) Les études ne fournissent pas ou très peu de valeurs concernant ces classes d'impacts.
- (6) Des éléments sur la toxicité directe du méthanol existent, mais l'évaluation de la toxicité de son cycle de vie en tant que carburant est imparfaite et donne des résultats discutables.
- (7) Selon que l'on considère une unité fonctionnelle sur la base d'une unité kilométrique, énergétique ou massique, les résultats de l'impact environnemental peuvent varier. Ceux qui sont présentés dans cette fiche prennent en compte une incorporation de 5 à 10 % de biocarburant et le mégajoule utile comme unité fonctionnelle.

La filière éthanol est la sous-filière la plus étudiée. Ensuite, viennent les éthers et le méthanol. Pour ce qui concerne l'éthanol cellulosique, l'incorporation d'éthanol au diesel, l'utilisation de méthanol comme combustible (pile à combustible) et l'utilisation de DME, les résultats restent peu fiables, ce pour deux raisons :

- ◆ ces sous-filières sont assez peu étudiées,
- ◆ les procédés et technologies de ces sous-filières en sont au stade du développement, les incertitudes restent donc importantes.

D'une manière générale, les sous-filières qui utilisent des co-produits agricoles présentent un bilan très souvent plus favorable que celles qui utilisent des productions agricoles dédiées.

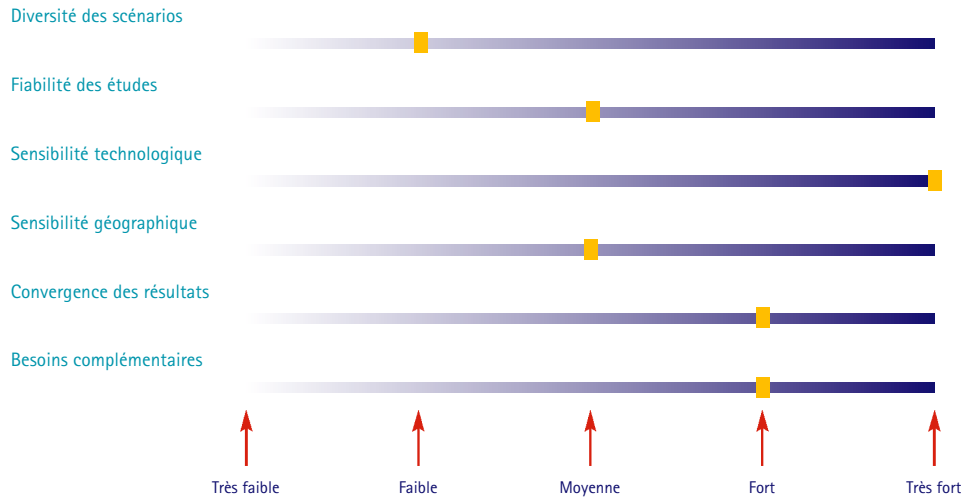
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Technologie dans la phase d'utilisation (rendement, émissions)	Toutes	. Ethanol . ETBE . Méthanol . DME	Améliorer la phase de combustion et du rendement
	Matière première utilisée (co-produit, culture agricole)	. Utilisation de ressources . Effet de serre . Acidification . Eutrophisation	. Ethanol . ETBE	Favoriser l'utilisation de co-produits
	Matière première utilisée (isobutène)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	ETBE	Optimiser la production d'isobutène ou trouver une autre ressource
	Technologie dans la phase de production (type de procédé et énergie utilisée pour la production)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	. Ethanol à base de maïs, de blé et de betterave . Ethanol cellulosique . DME . Méthanol	. Optimiser la consommation énergétique des procédés, en particulier des procédés ligno-cellulosiques . Utiliser des énergies renouvelables
	Allocation des émissions liées aux co-produits (valeur financière et valorisation effective)	Toutes	Ethanol à base d'herbe	S'assurer des débouchés des co-produits
	Utilisation d'engrais et émissions de la phase agricole	. Utilisation de ressources . Effet de serre . Acidification	Ethanol et ETBE à base de betterave, de blé et de maïs	Favoriser une phase agricole raisonnée
	Méthode d'allocation des émissions (émissions de la culture ou du produit concerné(e) entre les co-produits)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	. Naphta . Ethanol à base de maïs et d'herbe	-
FAIBLE	Infrastructure (production agricole)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	Ethanol à base de blé et de betterave	-
	Stockage du carbone (phase agricole)	Effet de serre	. Ethanol . ETBE	-
INDÉTERMINÉE	Type de production agricole (extensive, intensive)	Toutes	Tous	Etudier l'influence du type de culture (extensive, intensive)
	Type d'utilisation (taux d'incorporation du biocarburant)	Toutes	Tous	Etudier l'influence du comportement du véhicule en fonction du taux de biocarburant

4

Qualité des études sélectionnées



On note une certaine similitude entre les filières étudiées. Cependant, toutes les études n'intègrent pas la phase de combustion. Plusieurs états de l'art significatifs ont été mis en évidence pour cette filière.

La fiabilité est acceptable pour les cultures amylacées et saccharifères, mais assez faible pour les cultures ligno-cellulosiques (filières en développement).

La sensibilité technologique rend la comparaison de certaines études difficile.

La convergence des résultats est assez satisfaisante, une fois les études rendues comparables.

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ◆ production et utilisation (naphta, MTBE, filières ligno-cellulosiques, piles à combustible),
- ◆ utilisation des biocarburants (rendements, émissions...) à différents taux,
- ◆ données relatives à la filière Esterol (éthanol incorporé au biodiesel),
- ◆ évaluation de l'impact environnemental sur la couche d'ozone, l'écotoxicité et la santé humaine.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Le gain environnemental de la filière végétale alcools éthers, observé dans les différentes études, varie de 0.1 à 1 MJ/MJ utile pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 0.02 à 0.08 kg éq. CO₂/MJ utile pour l'effet de serre.

Le gain par surface cultivée varie, quant à lui, de 44 à 78 GJ/ha pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 3.2 à 5.8 t éq. CO₂/ha pour l'effet de serre.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats contradictoires, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

La filière alcools éthers est assez bien connue pour les sous-filières céréalières (blé, maïs) et sucrières (canne et betterave à sucre). Les sous-filières ligno-cellulosiques (bois, paille, herbe...) sont beaucoup moins étudiées.

La phase de conversion de l'énergie contenue dans le biocarburant est un paramètre important pour la filière alcools éthers.

Pour les sous-filières ligno-cellulosiques, le gain environnemental semble intéressant et doublé d'un recours à des co-produits encore peu utilisés aujourd'hui (déchets de forêts, pulpes et papiers, co-produits agricoles et municipaux). Ce gain reste à valider, les données étant divergentes.

La production d'hydrogène à partir d'éthanol et de méthanol pour piles à combustibles peut être une solution intéressante en comparaison de l'impact des filières fossiles de référence. Cependant, la toxicité du méthanol pourrait constituer un frein.

L'amélioration du bilan environnemental de la filière alcools éthers peut passer par le couplage avec d'autres filières végétales (biomasse agricole...).

7

Index bibliographique

213 références inventoriées, 145 études recensées, 9 études sélectionnées

Voir tableau ci-contre.

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
ECOBILAN SA, <i>Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France</i>	sept. et nov. 2002	ADEME / DIREM : note de synthèse et rapport final	. Direction de l'Agriculture et des Bio-énergies de l'ADEME (France) . Direction des Ressources Énergétiques et Minérales (DIREM) du Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (France)	Ecobilan SA (France)	Non
LB SYSTEMTECHNIK GMBH, <i>GM well to wheel analysis of energy use and greenhouse gas emissions of advanced fuels / vehicle systems, a european study</i>	2002	European Study, 137 p. - Annex: Full background report: methodology, assumptions, descriptions, calculations, results, 412 p. - Annex to chapter 3: annex full background report, 53 p.	General Motors' Corporation (Etats-Unis)	LB Systemtechnik GmbH (Allemagne)	Oui
SARLOS G., GNANSOUNOU E., DAURIAT A., <i>Etude comparative de carburants par leur analyse de cycle de vie</i>	déc. 2002	Alcosuisse, référence 415.105: Résumé - Rapport final, 66 p. - Annexes	Alcosuisse (Suisse)	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL - Suisse)	Non
EUROPEAN COMMISSION, <i>Bioenergy for Europe : which ones fit the best ? A comparative analysis for the community</i>	nov. 2000	FAIR V program, contract CT 98 3832, IFEU, Heidelberg: Final report, 162 p. - External annex, 82 p.	European commission (Union Européenne)	Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU - Allemagne)	Non
FROMENTIN A., BIOLLAY F., DAURIAT A., LUCAS-PORTA H., MARCHAND J.D., SARLOS G., <i>Caractérisation de filières de production de bioéthanol dans le contexte énergétique suisse</i>	mars 2000	Programme de recherche biomasse, Office Fédéral de l'Energie, contrat n°69809: Rapport final, 99 p. - Annexes	Office Fédéral de l'Energie (Suisse)	. Alcosuisse (Suisse) . Carbotech AG (Suisse) . Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL - Suisse) . Office Fédéral pour l'Approvisionnement Economique (OFAE - Suisse)	Oui
REINHARDT G.A., ZEMANEK G., <i>Ökobilanz Bioenergieträger . Basisdaten, Ergebnisse, Bewertungen (ACV de biocarburants : données de base, résultats, évaluations)</i>	2000	Initiativen zum Umweltschutz 17, Schriftenreihe der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Erich Schmidt Verlag, Berlin	D e u t s c h e n Bundesstiftung Umwelt (Allemagne)	Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU - Allemagne)	Oui
NETHERLANDS AGENCY FOR ENERGY AND THE ENVIRONMENT, <i>Analyse en evaluatie van gave-ketens</i> (analyse et évaluation de chaînes de carburants du programme GAVE)	déc. 1999	GAVE program: Final report, GAVE rapport 9909, deel 2 van 3, 225 p. - Appendices, GAVE rapport 9910, deel 3 van 3, 132 p.	Netherlands Agency for Energy and the Environment (NOVEM - Pays Bas)	Arthur D. Little International Inc. (Etats-Unis)	Non
STELZER T., <i>Biokraftstoffe im vergleich zu konventionellen kraftstoffen - lebensweg analysen von Umweltwirkungen</i> (biocombustibles comparés aux combustibles fossiles - Analyse de cycle de vie de leur impact sur l'environnement)	1999	Forschungsbericht, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung, ISSN 0938-1228	Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (Allemagne)	Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (Allemagne)	Oui
ECOBILAN SA, <i>Ecobilan de l'ETBE de betteraves - Comparaison avec le MTBE</i>	mars 1996	Confédération Générale des Planteurs de Betteraves - Syndicat National des Producteurs d'Alcools Agricoles, 166 p.	. Confédération Générale des Planteurs de Betteraves (CGB) . Syndicat National des Producteurs d'Alcools Agricoles (SNPAA - France)	Ecobilan SA (France)	Non

Huiles esters (biocarburants)

Les huiles végétales et leurs esters (EMHV) sont des biocarburants utilisés en proportions variables dans le diesel, soit en tant qu'additifs (moins de 5 % du mélange), soit en tant que composants (dès 5 % du mélange), soit comme carburants à part entière (100 %). Les huiles végétales proviennent de cultures oléagineuses. Les esters qui leur correspondent sont obtenus par estérification des huiles avec un alcool (méthanol).

1 *Caractéristiques*

FILIÈRE VÉGÉTALE (FILIÈRE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE
A	Huiles	Colza, palmier, soja, tournesol	. Additif . Composant . Carburant
B	Esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV)	Colza, palmier, noix de coco, soja, tournesol	. Additif . Composant . Carburant
FILIÈRES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B	Diesel	-	Carburant

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS ²	PRODUITS	Huiles	EMHV
	Utilisation principale	Transport	
Filière de référence	Diesel		
Consommation d'énergie non renouvelable		++ ¹	+
Effet de serre fossile		++	++
Eutrophisation		--	--
Acidification		-	--
Destruction de la couche d'ozone		--	--
Pollution photochimique		-	0
Toxicité terrestre		? ²	? ²
Toxicité aquatique		? ³	? ²
Santé humaine		+/- ³	+/- ³

(1) De tous les modes de production d'huiles, l'huile de tournesol et l'huile de soja semblent avoir les bilans énergétiques les plus favorables.

(2) Les résultats des études sont très divergents.

(3) Les études ne fournissent pas ou très peu de valeurs concernant ces classes d'impacts.

(4) Les résultats présentés dans la fiche huiles esters prennent en compte une incorporation de 5 à 10% de biocarburant et le MJ utile comme unité fonctionnelle.

Au regard des aspects « énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre », la filière huiles esters s'avère plus intéressante à travers la sous-filière huiles qu'à travers la sous-filière EMHV.

Les sous-filières de production d'huiles et d'EMHV à base de colza, tournesol et soja sont les plus étudiées. Pour ce qui concerne les huiles et EMHV dérivés du palmier et de la noix de coco, les résultats sont assez peu fiables, en raison du manque de données à leur sujet.

D'une manière générale, les sous-filières qui utilisent des co-produits agricoles présentent un bilan très souvent plus favorable que celles qui utilisent des productions agricoles dédiées.

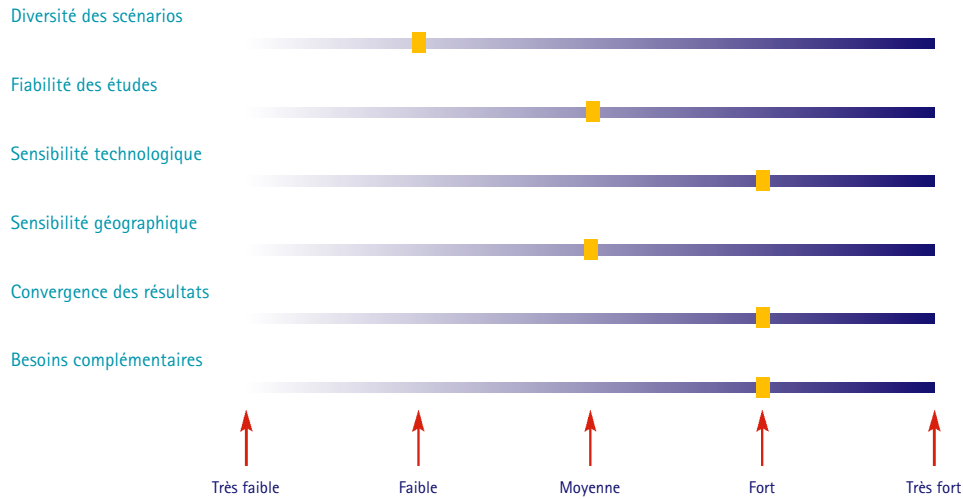
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Technologie dans la phase d'utilisation (rendement et qualité de la phase de combustion)	Toutes	Tous	Améliorer la phase de combustion
	Technologie dans la phase de production (procédé de production) : 1. estérification, production de méthanol 2. rejets de méthane	1. Utilisation des ressources, effet de serre 2. Effet de serre	1. EMHV de colza 2. EMHV de palme	Optimiser les procédés de production
	Matière première utilisée (colza, tournesol, palme)	. Utilisation de ressources . Effet de serre . Eutrophisation	EMHV	Favoriser les cultures les plus efficaces
	Allocation des émissions liées aux co-produits : valeur financière et valorisation effective (pulpes, tourteaux, glycérine)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	EMHV de colza	S'assurer des débouchés des co-produits
	Utilisation d'engrais et émissions de la phase agricole	. Utilisation de ressources . Effet de serre . Acidification	EMHV	Favoriser une agriculture raisonnée
	Type d'utilisation : degré de raffinage en fonction de l'utilisation de l'huile (carburant automobile ou production de chaleur)	Toutes	Huile et EMHV de colza	Favoriser les utilisations nécessitant le moins d'énergie de mise à disposition
FAIBLE	Valorisation de la paille d'oléagineuses	Toutes	EMHV de colza	-
	Méthode d'allocation des émissions utilisée	Toutes	EMHV de colza	-
INDÉTERMINÉE	Type d'utilisation (taux d'incorporation du biocarburant)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	Tous	Etudier l'influence du comportement du véhicule en fonction du taux de biocarburant

4

Qualité des études sélectionnées



On note une certaine similitude entre les filières étudiées. Cependant, toutes les études n'intègrent pas la phase de combustion. Plusieurs états de l'art significatifs ont été mis en évidence pour cette filière.

La fiabilité des données est acceptable pour les cultures de colza, soja et tournesol, mais assez faible pour les cultures d'huile de palme et de noix de coco (filières en développement).

La sensibilité technologique rend la comparaison de certaines études difficile.

La convergence des résultats est assez satisfaisante, une fois les études rendues comparables.

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ◆ émissions au niveau de la phase agricole : pesticides et N₂O, respectivement pour le colza et le tournesol,
- ◆ culture et transformation du soja en Europe,
- ◆ utilisation des biocarburants (rendements, émissions...) à différents taux,
- ◆ évaluation de l'impact environnemental sur l'écotoxicité et la santé humaine.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Le gain environnemental de la filière huiles esters, observé dans les différentes études, varie de 0.02 à 0.9 MJ/MJ utile pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 0.01 à 0.04 kg éq. CO₂/MJ utile pour l'effet de serre.

Le gain par surface cultivée varie, quant à lui, de 33 à 115 GJ/ha pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 1.7 à 8.9 t éq. CO₂/ha pour l'effet de serre.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats contradictoires, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

La filière huiles esters est assez bien connue pour les sous-filières EMHV (colza, soja, tournesol). Les sous-filières huiles et EMHV de soja sont moins étudiées.

La phase de conversion de l'énergie contenue dans le biocarburant est un paramètre important de la filière huiles esters.

Il existe des possibilités de couplage de la filière huiles esters avec d'autres filières végétales (biomasse agricole...) susceptibles d'améliorer son bilan environnemental.

7

Index bibliographique

201 références inventoriées, 125 études recensées, 8 études sélectionnées

Voir tableau ci-contre.

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
ECOBILAN SA, <i>Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants</i>	sept. Et nov. 2002	ADEME / DIREM : note de synthèse et rapport final	Direction de l'Agriculture et des Bio-énergies de l'ADEME (France) Direction des Ressources Énergétiques et Minérales (DIREM) du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie (France)	Ecobilan SA (France)	Non
LB SYSTEMTECHNIK GMBH, <i>GM well to wheel analysis of energy use and greenhouse gas emissions of advanced fuels / vehicle systems, a european study</i>	2002	European Study, 137 p. - Annex: Full background report: methodology, assumptions, descriptions, calculations, results, 412 p. - Annex to chapter 3: annex full background report, 53 p.	General Motors' Corporation (Etats-Unis)	LB Systemtechnik GmbH (Allemagne)	Oui
EUROPEAN COMMISSION, <i>Bioenergy for Europe: which ones fit the best ? A comparative analysis for the community</i>	nov. 2000	FAIR V program, contract CT 98 3832, IFEU, Heidelberg: Final report, 162 p. - External annex, 82 p.	European commission (Union Européenne)	Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU - Allemagne)	Non
HEINZER L., GAILLARD G., DUX D., STELLER C., <i>Ökologische und Ökonomische Bewertung von Bioenergeträgern, Vergleichende Untersuchungen von Stückholzheizung, Rapsmethylester und Fernwärme aus Heu (évaluation économique et écologique de ressources énergétiques biologiques, étude comparative d'un chauffage à bois, de l'ester de méthylique de colza et d'un chauffage urbain au foin)</i>	2000	Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT): Schriftenreihe n° 52 - Schriftenreihe Technikon, Schweiz	Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (Suisse)	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT - Suisse)	Non
REINHARDT G.A., ZEMANEK G., <i>Ökobilanz Bioenergeträger . Basisdaten, Ergebnisse, Bewertungen (ACV de biocarburants : données de base, résultats, évaluations)</i>	2000	Initiativen zum Umweltschutz 17, Schriftenreihe der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Erich Schmidt Verlag, Berlin	Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Allemagne)	Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU - Allemagne)	Oui
ECOBILAN SA, <i>Analyse de cycle de vie du diester, Evaluation comparée des filières gazole et diester</i>	1993	Ecobilan SA, 22 p.	Onnidol (France)	Ecobilan SA (France)	Non
ECOBILAN SA, <i>Actualisation de l'écobilan du diester</i>	1999	Ecobilan SA, 3 p.			
ECOBILAN SA, <i>Ecobilan du diester et éléments d'analyse de la filière gazole</i>		Ecobilan SA, Tome 1: résultats, rapport final ONIDOL, 147 p. - Tome 2 : annexe, 74 p.			
NETHERLANDS AGENCY FOR ENERGY AND THE ENVIRONMENT (NOVEM), <i>Analyse en evaluatie van gave-ketens (analyse et évaluation de chaînes de carburants du programme GAVE)</i>	déc. 1999	GAVE program: Final report, GAVE rapport 9909, deel 2 van 3, 225 p. - Appendices, GAVE rapport 9910, deel 3 van 3, 132 p.	Netherlands Agency for Energy and the Environment (NOVEM - Pays bas)	Arthur D. Little International Inc. (Etats-Unis)	Non
STELZER T., <i>Biokraftstoffe im vergleich zu konventionellen kraftstoffen-lebensweg-analysen von Umweltwirkungen (combustibles biogènes comparés aux combustibles fossiles conventionnels - analyse de cycle de vie de leurs effets sur l'environnement)</i>	1999	Forschungsbericht, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung, ISSN 0938-1228.	Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (Allemagne)	Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (Allemagne)	Oui

Biomasse forestière

Les biocombustibles provenant de la biomasse forestière concernent toutes les valorisations énergétiques de cette biomasse (production de chaleur, d'électricité...). Ils se répartissent en trois sous-filières : les combustibles à base de cultures dédiées (taillis à courte ou très courte rotation de saules, eucalyptus ou peupliers...), les combustibles à base de co-produits (granulés, sciures...), les combustibles à base de rémanents (plaquettes, bûches...). La valorisation de bois de rebut est exclue de la présente étude.

1 Caractéristiques

FILIÈRE VÉGÉTALE (FILIÈRE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT ²	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE ¹
A	Combustibles à base de cultures dédiées	Taillis à courtes rotations (TCR), (peuplier...)	<ul style="list-style-type: none"> Production de chaleur : Combustion (moyenne à forte puissance) Production d'électricité : Combustion (forte puissance) - Co-combustion (forte puissance) - Pyrolyse, gazéification (forte puissance) Production d'acier : Co-combustion de charbon de bois (forte puissance)
B	Combustibles à base de co-produits (granulés, sciures...)	Co-produits de bûcheronnage, d'entretien des forêts...	<ul style="list-style-type: none"> Production de chaleur : Combustion (petite puissance) Cogénération : Combustion (moyenne puissance)
C	Rémanents (bûches, plaquettes)	Bois sur pied (chêne, hêtre, résineux...) (houppier, coupe rase, éclaircie...)	<ul style="list-style-type: none"> Production de chaleur : Combustion (petite puissance) Production d'électricité : Combustion (forte puissance)
FILIÈRES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B / C	Gaz	-	<ul style="list-style-type: none"> Production de chaleur (petite puissance) Production d'électricité (forte puissance)
A / B / C	Fioul	-	<ul style="list-style-type: none"> Production de chaleur (petite à forte puissance) Production d'électricité (forte puissance)
A	Charbon	-	Production d'acier (forte puissance)
B	Charbon	-	Production d'électricité (forte puissance)

(1) Petite puissance : 1 à 300 kW ; moyenne puissance : 300 kW à 3 MW ; forte puissance : supérieure à 3 MW.

(2) Pour les déchets industriels banaux (DIB), une seule étude a pu être prise en compte (Betz et al., 2002).

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS	PRODUITS	Combustibles à base de cultures dédiées	Combustibles à base de co-produits	Rémanents	
	Technologie	TCR <i>forte puissance</i>	Granulés <i>petite puissance</i>	Bûches, plaquettes <i>petite puissance</i>	Plaquettes <i>forte puissance</i>
	Utilisation principale	Electricité	Chaleur	Chaleur	Chaleur
Filière de référence	charbon	fioul	gaz	fioul	charbon
Consommation d'énergie non renouvelable	++	++	++	++	++
Effet de serre fossile	++	++	++	++	++
Eutrophisation	--	-	-	-	n.d.
Acidification	+/_	0	-	0	n.d.
Destruction de la couche d'ozone	n.d.	+	--	+	n.d.
Pollution photochimique	n.d.	-	--	-	n.d.
Toxicité terrestre	n.d.	+	? ¹	+	n.d.
Toxicité aquatique	n.d.	+	0	+	n.d.
Santé humaine ²	n.d.	+/-	--	+/-	n.d.

(1) Les résultats des études sont très divergents.

(2) Le bilan varie selon plusieurs paramètres (émissions lors de la phase de combustion).

Comparativement aux sous-filières fossiles (électricité, gaz, fioul, charbon), les sous-filières végétales correspondantes (bûches, plaquettes, granulés) présentent un bilan très favorable pour les classes d'impacts « énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre ».

Pour les autres classes d'impacts, le bilan est mal connu ou défavorable aux filières végétales, notamment dans les phases de transformation et de combustion. L'émission d'autres polluants dans l'air lors de la phase de combustion génère en effet des impacts supplémentaires sur :

- ◆ l'acidification (NOx),
- ◆ la santé humaine (dioxines, benzène, NOx, particules...),
- ◆ la pollution photochimique (COV).

La sous-filière la plus favorable semble être la production simultanée d'électricité et de chaleur (cogénération). Mais cette sous-filière est peu étudiée de manière approfondie, pas plus que ne le sont les nouvelles technologies comme la pyrolyse et la gazéification.

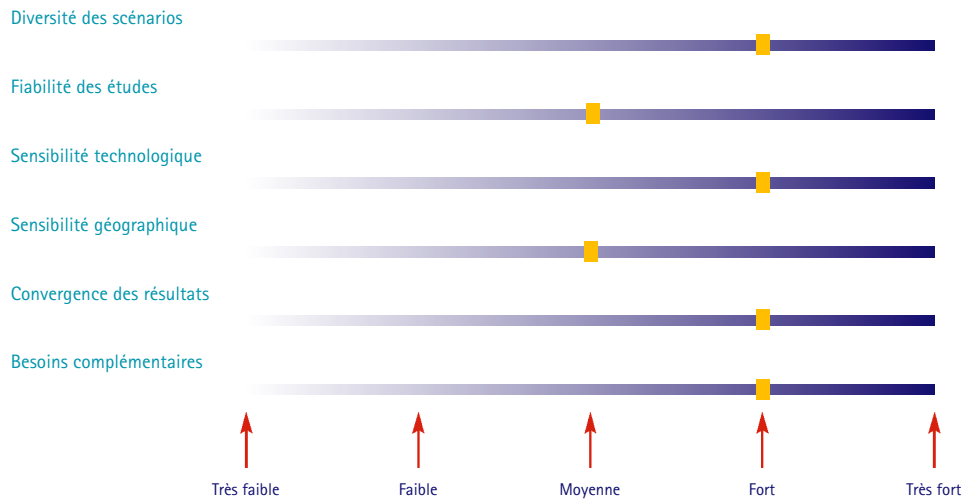
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Technologie dans la phase d'utilisation (rendement et qualité de la phase de combustion)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre Acidification Santé humaine 	Tous	Améliorer la phase de combustion
	Matière première utilisée (culture dédiée, co-produit)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Tous	Favoriser l'utilisation des co-produits
	Pratiques agricoles (engrais) et émissions de la phase agricole	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Taillis à courtes rotations	Favoriser une agriculture raisonnée
	Transport (matière première par route)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	<ul style="list-style-type: none"> Plaquettes Résidus de bois 	Réduire les distances de transport
	Technologie dans la phase de production (performance du matériel de bûcheronnage et degré de mécanisation)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Rémanents (bûches, plaquettes)	Améliorer la performance du matériel de production
	Technologie dans la phase de production : conditionnement (emballage plastique)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Bûches	Améliorer la technologie de production
	Technologie dans la phase d'utilisation (fioul pour le démarrage de la centrale de 5 à 30 MW)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Plaquettes	Améliorer la technologie d'utilisation (démarrage/arrêt de la centrale électrique)
FAIBLE	Type de production : exploitation de la biomasse (industrielle, artisanale)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Plaquettes	-
	Transport : produit fini par bateau et train (longues distances)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Granulés	-
	Technologie dans la phase d'utilisation : puissance et taille de l'installation (petite et moyenne puissance)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Tous	-
INDÉTERMINÉE	Matière première utilisée (essence de bois utilisée)	Toutes	Bûches, charbon de bois	Etudier l'impact du type de matière première utilisée
	Transport (chaînes logistiques)	Toutes	Tous	Etudier l'impact du transport
	Technologie dans la phase d'utilisation (type de technologie de combustion)	Toutes	Tous	Etudier l'optimisation des conditions de valorisation (technologie de combustion)

4

Qualité des études sélectionnées



La grande diversité des études reflète la diversité de la filière (ressource, applications, échelles). La production de chaleur petite puissance reste la sous-filière la mieux étudiée. La connaissance d'une filière est étroitement liée à la maîtrise technologique que l'on en a. Plusieurs états de l'art significatifs ont été mis en évidence pour la biomasse forestière.

La fiabilité est assez bonne pour les installations de chauffage de petite et moyenne puissance. En revanche, elle est assez faible pour le reste des sous-filières (énergie et effet de serre mis à part).

La sensibilité technologique de la biomasse forestière est forte, en particulier pour l'impact de la combustion sur la santé humaine.

En dehors de l'énergie et de l'effet de serre, la convergence des résultats est assez faible, sauf pour les installations de chauffage petite et moyenne puissance.

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ◆ émissions de certaines cultures dans les conditions européennes (cultures d'eucalyptus, TCR...),
- ◆ émissions dans l'air lors de la combustion des installations de production de chaleur (en particulier COV NM, dioxines),
- ◆ données relatives au stockage de carbone dans le sol des forêts,
- ◆ données relatives aux installations de cogénération (petite, moyenne et forte puissance) qui utilisent des combustibles dérivés de la biomasse forestière,
- ◆ données relatives aux différentes technologies de combustion de produits à base de bois (pyrolyse, gazéification, combustion...),
- ◆ impact du transport sur la filière,
- ◆ évaluation de l'impact environnemental sur l'ensemble des classes d'impacts en dehors de l'énergie et de l'effet de serre.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Le gain environnemental de la filière biomasse forestière, observé dans les différentes études, varie de 0.05 à 0.3 MJ/MJ utile pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 0.006 à 0.045 kg éq. CO₂/MJ utile pour l'effet de serre.

Le gain par surface cultivée varie, quant à lui, de 33 à 161 GJ/ha pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 2.5 à 11.6 t éq. CO₂/ha pour l'effet de serre.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats contradictoires, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

La filière biomasse forestière est assez mal connue du point de vue ACV, en dehors des classes d'impacts « énergie » et « effet de serre ». Les sous-filières cogénération sont les moins étudiées. La production de chaleur petite puissance est la mieux étudiée.

La phase de conversion de l'énergie contenue dans le biocombustible est l'un des paramètres importants de la filière.

L'amélioration environnementale de la filière biomasse forestière est très liée à l'amélioration technologique (combustion).

Il existe des possibilités de couplage de la filière biomasse forestière avec d'autres filières végétales (biocarburants, agromatériaux...) susceptibles d'améliorer son bilan environnemental.

7

Index bibliographique

114 références inventoriées, 75 études recensées, 9 études sélectionnées

Voir tableau ci-contre.

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
MICHEL E., DEVES A., LABOUZE E., MOULAY L., <i>Bilan environnemental de différents modes de chauffage domestique</i>	nov. 2002	ADEME, Marché n° 01 01 013 : Rapport final, 121 p. - Annexes - Note de synthèse, 10 p.	Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME - France)	. Comité Scientifique et Technique des Industries Climatiques (COSTIC) . Bio Intelligence Service	Non
RAKOS C., TRETTER H., <i>Vergleich der Umwelt-auswirkungen einer Pelletheizung mit denen konventioneller Energiebereitstellungs-systeme am Beispiel einer 400 kW Heizanlage</i> (comparaison des incidences sur l'environnement d'un chauffage à granulés de bois par rapport aux systèmes énergétiques conventionnels, à l'exemple d'un système de chauffage de 400 kW)	fév. 2002	Energieverwertungsagentur, Wien	Stadt Wien (Autriche)	Energieverwertungsagentur (Autriche)	Non
JUNGLUTH N., FRISCHKNECHT R., FAIST M., <i>Ökobilanz für die Stromerzeugung aus Holzbrenn-stoffen und Altholz</i> (écobilan de la production d'électricité à partir de combustibles à base de bois et de bois usagé)	2002	In Jahresversammlung der IG Altholz. Kaiseraugst - Schlussbericht, Forschungs-und P+D Programm Biomasse, Projekt 41458, Vertrag n°81427, ESU-services for Bundesamt für Energie, Uster	Bundesamt für Energie (Suisse)	ESU-services (Suisse)	Oui
BETZ M., COEN D., DEIMING S., KREISSIG J., <i>Thermische Verwertung von Holzprodukten Inputabhängige Modellierung der End-of-Life Prozesse von Holz</i> (valorisation thermique des produits à base de bois et modélisation de leur fin de vie)	sept. 2002	Deutsche Gesellschaft für Holzforchung, PE Europe GmbH	. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) . Holzabsatzfonds (Allemagne)	PE Europe GmbH (Allemagne)	Non
EUROPEAN COMMISSION, <i>Bioenergy for Europe : which ones fit the best ? A comparative analysis for the community</i>	2000	FAIR V program, contract CT 98 3832, IFEU, Heidelberg: Final report, 162 p. - External annex, 82 p.	European commission (Union Européenne)	Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU - Allemagne)	Non
REINHARDT G.A., ZEMANEK G., <i>Ökobilanz Bioenergieträger. Basisdaten, Ergebnisse, Bewertungen</i> (ACV de biocarburants : données de base, résultats, évaluations)	2000	Initiativen zum Umweltschutz 17, Schriftenreihe der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Erich Schmidt Verlag	Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Allemagne)	Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU - Allemagne)	Oui
KESSLER F.M., KNECHTLE N., FRISCHKNECHT R., <i>Heizenergie aus Heizöl, Erdgas oder Holz ; Ökobilanzen von Heizungen für Ein-und Mehr-familienhäuser mit 10kW bzw. 50 bis 100kW</i> (énergie de chauffage à partir du fioul, du gaz naturel ou du bois ; écobilans des chauffage d'une maison individuelle et de groupes de maisons de 10kW, 50 à 100kW)	2000	Schriftenreihe Umwelt Nr. 315, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL - Suisse)	. Basler & Hofmann (Suisse) . ESU Services (Suisse)	Oui
HEINZER L., GAILLARD G., DUX D., STELLER C., <i>Ökologische und Ökonomische Bewertung von Bioenergieträgern, Vergleichende Untersuchungen von Stückholz-heizung, Rapsmethylester und Fernwärme aus Heu</i> (évaluation économique et écologique de ressources énergétiques biologiques, étude comparative d'un chauffage à bois, de l'ester de méthylique de colza et d'un chauffage urbain au foin)	2000	Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, n°52, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), SchriftenreiheTänikon, Schweiz	Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (Suisse)	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT - Suisse)	Non
STELZER T., <i>Biokraftstoffe im Vergleich zu konventionellen Kraftstoffen - Lebensweganalysen von Umweltwirkungen</i> (combustibles biogènes comparés aux combustibles conventionnels - ACV des effets sur l'environnement)	1998	Dissertation am Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER), Forschungsbericht IER Band 57	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (Allemagne)	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER - Allemagne)	Oui

Biomasse agricole

Les biocombustibles provenant de la biomasse agricole concernent toutes les valorisations énergétiques de cette biomasse (production de chaleur, d'électricité, etc.). Ils se répartissent en deux sous-filières : les combustibles à base de cultures dédiées (triticale, orge, chanvre, kénaf, miscanthus...) et les combustibles à base de co-produits (paille de céréales ou d'oléagineux...)

1 Caractéristiques

FILIERE VÉGÉTALE (FILIERE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE ¹
A	Combustibles à base de cultures dédiées	Blé, chanvre, herbe (cynodon dactylon, foin, phalaris arundinacea, panicum virgatum), jonc de Chine (miscanthus sinensis), kénaf, maïs, orge, seigle, triticale	<ul style="list-style-type: none"> . Production de chaleur : Combustion (forte puissance) - Co-combustion (forte puissance) - Pyrolyse, gazéification (forte puissance) . Production d'électricité : Combustion (forte puissance) - Co-combustion (forte puissance) - Pyrolyse, gazéification (forte puissance) . Cogénération : Combustion (moyenne à forte puissance)
B	Combustibles à base de co-produits	Bagasse de canne à sucre, paille (blé, colza, orge, seigle...), écorce de riz...	<ul style="list-style-type: none"> . Production de chaleur : Combustion (moyenne à forte puissance) - Co-combustion (forte puissance) . Production d'électricité : Combustion (forte puissance) - Co-combustion (forte puissance) - Pyrolyse, gazéification (forte puissance) . Cogénération : combustion (moyenne à forte puissance)
FILIÈRES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B	Gaz	-	Production de chaleur : Combustion (moyenne à forte puissance)
A / B	Fioul	-	Production de chaleur : Combustion (moyenne à forte puissance)
A / B	Charbon	-	Production d'électricité : Combustion (forte puissance)

(1) Petite puissance : 1 à 300 kW ; moyenne puissance : 300 kW à 3 MW ; forte puissance : supérieure à 3 MW.

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS	PRODUITS		Combustibles à base de cultures dédiées			Combustibles à base de co-produits	
	Technologie		Combustion <small>may. & forte puissance</small>	Gazéification <small>forte puissance</small>	Co-combustion <small>forte puissance</small>	Combustion <small>may. & forte puissance</small>	Cogénération <small>forte puissance</small>
Utilisation principale		Chaleur		Électricité	Chaleur		Chaleur & El. / Électricité
Filière de référence		gaz, fioul	gaz, fioul	charbon	gaz, fioul	gaz, fioul	charbon
Consommation d'énergie non renouvelable		++	++	++	++	++	++
Effet de serre fossile		++	++	++	++	++	++
Eutrophisation		--	n.d.	--	--	n.d.	--
Acidification		--	n.d.	-	-	n.d.	0
Destruction de la couche d'ozone		--	n.d.	--	--	n.d.	--
Pollution photochimique		--	n.d.	--	--	n.d.	--
Toxicité terrestre		? ¹	n.d.	? ¹	? ¹	n.d.	? ¹
Toxicité aquatique		? ¹	n.d.	? ¹	? ¹	n.d.	? ¹
Santé humaine ²		--	n.d.	-	--	n.d.	? ¹

(1) Les résultats des études sont très divergents.

(2) Les études ne fournissent pas ou très peu de valeurs se rapportant à ces classes d'impacts.

Comparées aux sous-filières fossiles, les sous-filières végétales correspondantes présentent un bilan très favorable pour les classes d'impacts « énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre ».

Pour les autres classes d'impacts, le bilan est mal connu ou défavorable aux filières végétales (dans les phases de transformation et de combustion). De plus, ces autres classes sont moins bien connues que pour la filière biomasse forestière.

Les sous-filières dédiées à la production électrique présentent un bilan plus favorable que celles dédiées à la production de chaleur. Dans le cas de la production électrique, ce résultat est toujours lié au combustible fossile substitué, en l'occurrence le charbon.

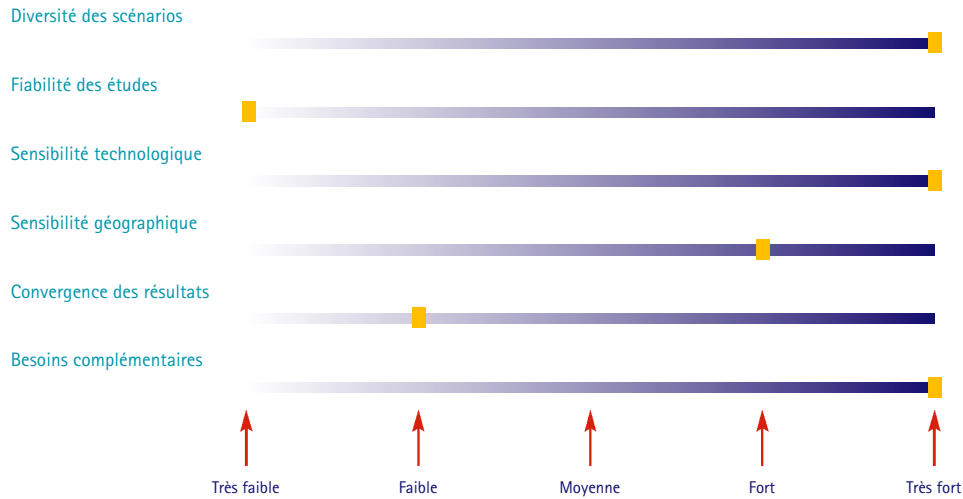
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Technologie dans la phase d'utilisation (rendement et qualité de la phase de combustion)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre Acidification Santé humaine 	Tous	Améliorer la phase de combustion
	Utilisation d'engrais (azote pour les cultures dédiées)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Herbe, jonc de chine...	Favoriser une agriculture raisonnée
	Allocation des émissions liées aux co-produits (émissions de la culture concernée entre les différents co-produits)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Paille	S'assurer du débouché des co-produits
	Pratique agricole (extensive, intensive)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre Ecotoxicité Santé humaine 	Herbe, Jonc de chine	Favoriser une agriculture raisonnée
	Technologie dans la phase de production : mode de récolte et de conditionnement (ensilage, séchage...)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Jonc de chine	Améliorer la technologie de production (récolte et conditionnement)
	Technologie dans la phase d'utilisation (fioul pour le démarrage de la centrale de 5 à 30 MW)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Plaquettes de taillis à courte rotation	Améliorer la technologie d'utilisation (démarrage/arrêts de la centrale électrique)
INDÉTERMINÉE	Transport (matière première)	Toutes	Tous	Etudier l'impact du transport de la matière première
	Matière première utilisée (culture dédiée ou co-produit)	Toutes	Tous	Etudier l'impact du type de matière première utilisé
	Technologie dans la phase d'utilisation (puissance des installations de combustion, type de technologie de combustion)	Toutes	Tous	Etudier l'optimisation des conditions de valorisation (technologie de combustion)

4

Qualité des études sélectionnées



La grande diversité des études reflète la diversité de la filière (ressources, applications, échelles). La connaissance d'une filière est étroitement liée à la maîtrise technologique que l'on en a. Un état de l'art significatif a été mis en évidence pour la biomasse agricole.

La fiabilité est assez faible en dehors de l'impact sur l'énergie et sur l'effet de serre (études peu fiables et diverses).

La sensibilité technologique est très forte, en particulier pour la production des biocombustibles et pour leur combustion (impact sur la santé humaine).

La convergence des résultats est assez faible en dehors de l'énergie et de l'effet de serre.

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ◆ impact du transport sur la filière,
- ◆ influence de la matière première utilisée,
- ◆ données relatives à la culture et la transformation de certains biocombustibles (triticale, jonc de chine, chanvre...),
- ◆ données relatives aux installations de cogénération (petite, moyenne et forte puissance) qui utilisent des biocombustibles,
- ◆ données relatives aux différentes technologies de combustion de produits à base de biomasse agricole (pyrolyse, gazéification, combustion, co-combustion...) destinées à la production de chaleur et d'électricité,
- ◆ évaluation de l'impact environnemental sur l'ensemble des classes d'impacts en dehors de l'énergie et de l'effet de serre.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Le gain environnemental de la filière biomasse agricole, observé dans les différentes études, varie de 0.02 à 0.2 MJ/MJ utile pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 0.01 à 0.03 kg éq. CO₂/MJ utile pour l'effet de serre.

Le gain par surface cultivée varie, quant à lui, de 87 à 220 GJ/ha pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 6.3 à 16 t éq. CO₂/ha pour l'effet de serre.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats contradictoires, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

La filière biomasse agricole est assez mal connue du point de vue ACV, en raison de sa grande diversité. La production de chaleur moyenne puissance reste la sous-filière la plus étudiée. Les sous-filières cogénération sont les moins étudiées.

La phase de conversion de l'énergie contenue dans le biocombustible est l'un des paramètres importants de la filière.

L'amélioration environnementale de la filière biomasse agricole est très liée à l'amélioration technologique (combustion).

Il existe des possibilités de couplage de la filière biomasse agricole avec d'autres filières végétales (biocarburants...) susceptibles d'améliorer son bilan environnemental.

7

Index bibliographique

75 références inventoriées, 54 études recensées, 5 études sélectionnées

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
BULLARD M., METCALFE P., <i>Estimating the energy requirements and CO₂ emissions from production of the perennial grasses miscanthus, switchgrass and reed canary grass</i>	2001	UK Department of Trade and Industry, 2001, report ETSU B/U1/00645/REP, 94 p.	UK Department of Trade and Industry, program ETSU (Royaume-Uni)	ADAS Consulting Ltd (Royaume-Uni)	Non
EUROPEAN COMMISSION, <i>Bioenergy for Europe : which ones fit the best ? A comparative analysis for the community</i>	nov. 2000	FAIR V program, contract CT 98 3832, IFEU, Heidelberg: Final report, 162 p. - External annex, 82 p.	European commission (Union Européenne)	Institut für Energie und Umweltforschung (Allemagne)	Non
REINHARDT G.A., ZEMANEK G., <i>Ökobilanz Bioenergieträger . Basisdaten, Ergebnisse, Bewertungen (ACV de biocarburants : données de base, résultats, évaluations)</i>	2000	Initiativen zum Umweltschutz 17, Schriftenreihe der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Erich Schmidt Verlag, Berlin	Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Allemagne)	Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU - Allemagne)	Oui
HEINZER L., GAILLARD G., DUX D., STELLER C., <i>Ökologische und Ökonomische Bewertung von Bioenergieträgern, Vergleichende Untersuchungen von Stück-holzheizung, Rapsmethylester und Fernwärme aus Heu (évaluation économique et écologique de ressources énergétiques biologiques, étude comparative d'un chauffage à bois, de l'ester méthylique de colza et d'un chauffage urbain au foin)</i>	2000	Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, n° 52, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Schriftenreihe TÄnikon, Schweiz	Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (Suisse)	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT - Suisse)	Non
STELZER T., <i>Biokraftstoffe im Vergleich zu konventionellen Kraftstoffen - Lebensweganalysen von Umweltwirkungen (combustibles biogènes comparés aux combustibles conventionnels - Analyses de Cycle de Vie des effets sur l'environnement)</i>	1998	Dissertation am Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER), Forschungsbericht IER Band 57	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER - Allemagne)	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energie-anwendung der Universität Stuttgart (IER - Allemagne)	Oui

Biopolymères

Les biopolymères sont des polymères naturels issus de ressources renouvelables de plantes, d'algues ou d'animaux. Ces polymères sont regroupés en trois familles principales : les polysaccharides (amidon, cellulose, chitosane, pullulane), les protéines (collagènes, gélatine, caséine...) et la lignine. Ils peuvent être obtenus également par des procédés industriels de synthèse (polymérisation) à partir de monomères naturels ou identiques aux naturels. La présente étude ne prend en compte que les biopolymères issus de la filière végétale.

1 Caractéristiques

FILIERE VÉGÉTALE (FILIERE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE
A	Polymères naturels	. Céréales (amidon) . Pomme de terre (amidon)	Produits de calage
B	Polymères mixtes (issus de biopolymères et de polymères d'origine pétrochimique)	. Maïs (amidon) . Pommes de terres (amidon) . Bois (lignine) ¹	. Produits de calage . Sacs compostables . Films . Circuits imprimés
C	Biopolymères synthétiques : Polymères de l'acide lactique (PLA)	. Céréales (amidon) . Maïs (amidon)	. Emballages . Bouteilles de lait . Couches pour bébés
D	Polymères bactériens : Polyhydroxyalkanoates (PHA) ²	Grains ou résidus de maïs (amidon)	. Remplacement de PE dans de multiples produits . Emballages dans le secteur alimentaire
FILIERES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B / C / D	. Polyéthylène (PE) : Polyéthylène à faible et à haute densité (LDPE, HDPE) . Polyéthylène téréphtalate (PET)	-	. Emballages . Films . Couches pour bébés
A / B	Polystyrène (PS) : Polystyrène expansé (EPS)	-	Produits de calage
B	Epoxy/Dicyandiamide	-	Circuits imprimés

(1) Co-produits de la fabrication du papier.

(2) Filière en phase de développement.

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS	PRODUITS	Polymères naturels	Polymères mixtes	Biopolymères synthétiques ¹	Polymères bactériens ¹
	Utilisation principale	Produits de calages	Produits de calages, sacs, films, circuits imprimés	Emballages bouteilles, couches	Emballages
Filière de référence		EPS	EPS, PE, epoxy/dicyandiamide	PE et PP	PE
Consommation d'énergie non renouvelable		+ ² , ++	+, ++ ³	+/- ⁴	+/-
Effet de serre fossile		+ ² , ++	+, ++ ³	+/- ⁴	+/-
Eutrophisation		+/- ²	+/-	-	+/-
Acidification		--	-	-	n.d.
Destruction de la couche d'ozone		0	0	-	n.d.
Pollution photochimique		?	?	-	n.d.
Toxicité terrestre		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Toxicité aquatique		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Santé humaine		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

- (1) Quelques études comparent les produits conventionnels avec ceux issus de la filière végétale, sur la base du kilogramme et non sur la base d'une unité fonctionnelle.
- (2) Selon les paramètres clés et la matière première utilisée pour la fabrication du produit conventionnel, le bilan environnemental peut aussi être défavorable pour les produits de calage issus de la filière végétale (Würdinger et al., 2002).
- (3) Les films issus de la filière végétale présentent un bilan d'énergie non renouvelable et de gaz à effet de serre très favorable par rapport aux produits conventionnels.
- (4) L'étude la plus récente, réalisée par Cargill Dow, producteur de polymères à base d'acide lactique, montre un gain pour les classes d'impacts « énergie » et « effet de serre » (Vink, 2003). En revanche, l'étude sur des couches à base de PLA montre un impact environnemental plus important pour le produit issu de la filière végétale dans toutes les classes d'impacts (Hakala et al., 1997).

Comparativement aux sous-filières fossiles (PE, PS, époxy/dicyandiamide), les sous-filières végétales correspondantes présentent un bilan positif, sauf pour les études sur les polymères bactériens.

Pour certaines classes d'impacts, le bilan est :

- ♦ soit non défini par manque de données ou en raison de données divergentes (écotoxicité, santé humaine),
- ♦ soit défavorable aux filières végétales pour les classes d'impacts liées à des émissions qui surviennent lors de la production agricole (par exemple pour l'eutrophisation).

De toutes les sous-filières étudiées, les polymères naturels présentent le bilan le plus favorable, par comparaison avec les filières fossiles de référence.

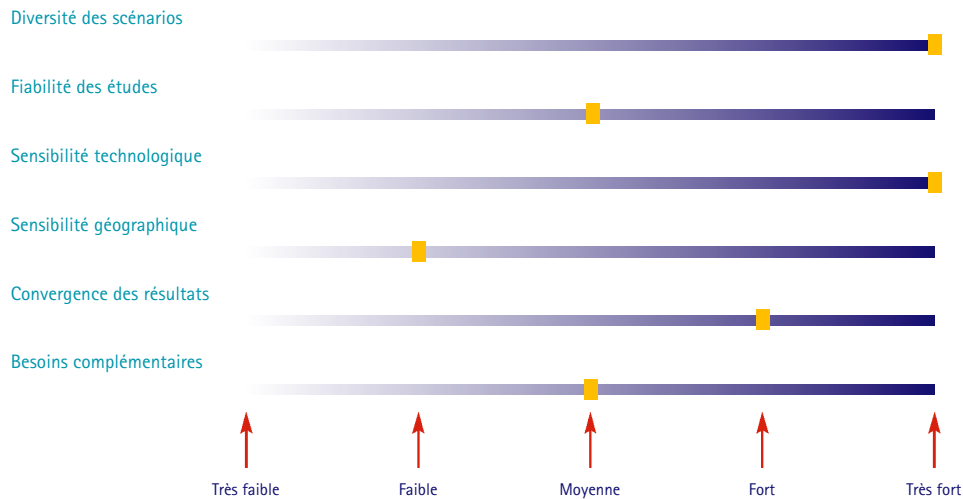
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Matière première utilisée (culture dédiée ou co-produits, rendement de la culture)	Toutes	<ul style="list-style-type: none"> . Lignine . PHA . Produits de calage 	Favoriser les co-produits ou cultures à rendement élevé
	Choix de l'unité fonctionnelle (quantité de matière utilisée par unité fonctionnelle par rapport aux produits conventionnels)	Toutes	Produits de calage	-
	Technologie dans la phase de production (source d'électricité pour la production de biopolymères)	<ul style="list-style-type: none"> . Utilisation de ressources . Effet de serre . Ecotoxicité . Santé humaine 	<ul style="list-style-type: none"> . Biopolymères et fibres . Produits de calage . PLA 	Réduire la consommation énergétique de la phase de production
	Type de valorisation en fin de vie (recyclage, compostage, incinération, décharge) et hypothèses de substitution correspondantes (électricité, chaleur, engrais, matière première)	Toutes	Tous	S'assurer que la valorisation en fin de vie est adaptée
	Pratiques agricoles (intensive, extensive)	Toutes	Tous	Favoriser une agriculture raisonnée
	Emissions de la phase agricole (engrais utilisé pour la culture du maïs)	<ul style="list-style-type: none"> . Destruction de la couche d'ozone . Eutrophisation . Acidification 	PLA, produits issus du maïs	Favoriser une agriculture raisonnée
FAIBLE	Biodégradabilité	<ul style="list-style-type: none"> . Ecotoxicité . Santé humaine 	Produits qui ne sont pas dégradés dans l'environnement	-
INDÉTERMINÉE	Allocation des émissions liées aux co-produits	Toutes	-	Etudier les co-produits et s'assurer de leurs débouchés

4

Qualité des études sélectionnées



La diversité des études est représentative de la diversité de la filière (procédés de production, produits). Un état de l'art significatif a été mis en évidence pour les biopolymères.

La fiabilité est moyenne pour l'ensemble des études (partielles, non objectivité, développement technologique). Une seule source est utilisée pour les filières fossiles de référence.

La forte sensibilité technologique rend la comparaison de certaines études avec les filières fossiles de référence difficile.

La convergence des résultats est assez satisfaisante par kilogramme de biopolymère. Toutefois, il existe peu de comparaisons par unité fonctionnelle (résultats susceptibles d'être faussés).

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ♦ production et utilisation d'alcool polyvinylique,
- ♦ données relatives aux différentes filières de fin de vie des biopolymères (incinération, recyclage, compostage, mise en décharge) pour les polymères synthétiques et bactériens,
- ♦ évaluation de l'impact environnemental prenant en compte l'unité fonctionnelle correcte (différences de poids...),
- ♦ évaluation de l'impact environnemental sur l'eutrophisation, l'acidification, la destruction de la couche d'ozone, la pollution photochimique, l'écotoxicité et la santé humaine.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Le gain environnemental de la filière biopolymères, observé dans les différentes études, est d'environ 55 MJ par kilogramme de granulés de polymères naturels pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et d'environ 3.5 kg éq. CO₂/kg pour l'effet de serre. Pour les polymères mixtes, le gain diminue proportionnellement au taux de matière fossile contenu. Pour les polymères synthétiques et bactériens, les études ACV disponibles ne mettant pas toutes en évidence un gain.

Par surface cultivée, le gain varie, quant à lui, entre 39 et 525 GJ/ha (respectivement 1.9 et 34 t éq. CO₂/ha), sauf pour les polymères synthétiques et les polymères bactériens. Pour eux, certaines études évaluent une consommation d'énergie primaire non renouvelable et un potentiel d'effet de serre plus important que pour les produits conventionnels fossiles.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats contradictoires, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

La filière biopolymères est moyennement connue du point de vue ACV (forte diversité, incertitudes). Les sous-filières synthétiques et bactériennes sont les moins étudiées.

La sous-filière polymères naturels présente le meilleur bilan environnemental au regard de l'énergie et de l'effet de serre.

La valorisation en fin de vie des biopolymères et le choix des produits substitués sont des paramètres importants de la filière.

La biodégradabilité des biopolymères peut être un atout ou une faiblesse, selon la fin de vie envisagée pour le produit.

Le développement des biopolymères ne doit pas nuire au recyclage de leurs homologues fossiles.

Malgré les incertitudes relevées, les études analysées indiquent que les biopolymères offrent un bilan environnemental favorable par rapport aux filières pétrochimiques. Compte tenu du développement rapide de cette filière, les gains environnementaux pourront être plus importants à l'avenir, grâce à la production en masse et à l'amélioration des technologies de production.

40 références inventoriées, 27 études recensées, 9 études sélectionnées

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
VINK E.T.H., RABAGO K.R., GLASSNER D.A., GRUBER P.R., <i>Applications of life cycle assessment to NatureWorks polylactide (PLA) production</i>	2003	Polymer Degradation and stability, vol. 80, pp. 403-419	Cargill Dow (Etats-Unis)	Cargill Dow (Etats-Unis)	Non
WUERDINGER E., WEGENER A. ET AL., <i>Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen - Vergleichende Ökobilanz für Loosefill-Packmittel aus Stärke bzw. aus Polystyrol (plastiques à base de ressources renouvelables - écobilan comparatif pour les produits de calage à base d'amidon et de polystyrène)</i>	2002	Bayrisches Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik (BIFA GmbH), Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU), Flo-Pak BmbH, 488 p (www.bifa.de - www.ifeu.de)	D e u t s c h e Bundesstiftung Umwelt (Allemagne)	. Bayrisches Institut für angewandte Umweltforschung und -technik (BIFA) . Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU) . Flo-Pak GmbH (Allemagne)	Oui
AKIYAMA M., TSUGE T., DOI Y., <i>Environmental life cycle comparison of polyhydroxyalkanoates produced from renewable carbon resources by bacterial fermentation</i>	2002	N a g a t s u t a : Departement of Innovative and Engineered Materials, Tokyo Institute of Technology. Endbericht, DBU-Az. 04763	? (Japon)	Tokyo Institute of Technology (Japon)	Non
KURDIKAR D., FOURNET L., SLATER S. ET AL., <i>Greenhouse Gas Profile of a plastic Material Derived from a Genetically Modified Plant</i>	2001	Journal of Industrial Ecology, vol. 4, n° 3, pp. 107-121.	? (Etats-Unis)	. Monsanto Company . Ecobalance Inc. . Cereon Genomics . Dartmouth College (Etats-Unis)	Non
ESTERMANN R., <i>Life Cycle Assessment of Mater-Bi and EPS Loose Fills</i>	2000	Etude préparée par Composto, Olten, Suisse, 43 p.	Novamont SpA (Italie)	Composto (Suisse)	Oui
KOSBAR L.L., GELORME J.D. ET AL., <i>Introducing biobased materials into the electronics Industry: developing a lignin-based resin for printed wiring boards</i>	2000	Journal of Industrial Ecology, vol. 4, n°3, pp. 93-105 (www.mitpress.mit.edu/catalog/item)	IBM (Etats-Unis)	Franklin Associates (Etats-Unis)	Non
ESTERMANN R., SCHWARZWAEDLER B., GYSIN B., <i>Life Cycle Assessment of Mater-Bi bags for the collection of compostable waste</i>	1998	Etude préparée par Composto, Olten, Suisse, 53 p.	Novamont SpA (Italie)	Composto (Suisse)	Oui
HAKALA S., VIRTANEN Y ET AL., <i>Life-cycle assessment, comparison of biopolymer and traditional diaper systems</i>	1997	Finland : Technical Research Centre of Finland (VTT), 92 p.	Neste Group et Tekes Biopolymers Programme (Finland)	Technical Research Centre of Finland (VTT) (Finland)	Non
DINKEL F., POHL C., ROS M., WALDECK B., <i>Ökobilanz stärkehaltiger Kunststoffe (écobilan de plastiques contenant de l'amidon)</i>	1996	Bern, Schweiz, Bundesamt für Umwelt und Landschaft (BUWAL) n°271: vol. 1, pp.1-188 - vol 2, pp. 189-536	Office Fédéral de l'environnement, de la forêt et du paysage (OFFEP - Suisse)	Carbotech SA (Suisse)	Oui

Tensioactifs

Les tensioactifs sont des biomolécules amphiphiles qui ont, selon leur structure, un pouvoir émulsionnant, adoucissant, mouillant ou détergent. Le groupement lipophile peut être issu de matières premières oléochimiques dérivées du colza, du tournesol ou encore de la palme. La partie hydrophile peut, elle, provenir de co-produits de l'industrie de l'amidon ou du sucre (betteraves à sucre, dérivés du maïs ou autres céréales).

1 Caractéristiques

FILIÈRE VÉGÉTALE (FILIÈRE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE ¹
A	Tensioactifs dérivés de l'huile de coprah . Sulfate d'alcool (AS) . Sulfate d'alcool éthoxylé (AES) . Alcool éthoxylé (AE) . Alkyle polyglucoside (APG)	. Noix de coco (huile de coprah) (CNO) . Maïs (glucose)	Lavage et nettoyage, processus chimiques...
B	Tensioactifs dérivés de l'huile de palme . Sulfate d'alcool (AS) . Sulfate d'alcool éthoxylé (AES) . Alcool éthoxylé (AE) . Alkyle polyglucoside (APG)	. Palme (Huile de palme) (PO) . Palme (Huile de palmiste) (PKO) . Maïs (glucose)	Lavage et nettoyage, processus chimiques...
C	Tensioactifs dérivés de l'huile de colza : Alcool éthoxylé (AE)	Colza (huile)	Lavage et nettoyage
FILIÈRES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B / C	Tensioactifs pétrochimiques (Pc) : . Alkyl-benzène sulfonate linéaire (LAS) . Sulfate d'alcool (AS) . Sulfate d'alcool éthoxylé (AES) . Alcool éthoxylé (AE) . Savon . Sulfonate d'alcane secondaire (SAS)	-	Lavage et nettoyage, processus chimiques...

(1) Les études étant réalisées sur la base du kilogramme et non à partir de la propriété du tensioactif, seules les combinaisons suivantes peuvent être envisagées pour comparer les différents tensioactifs (Stalmans et al., 1995) :

- . AS-PKO, AS-CNO, AS-Pc,
- . AE₃-PKO, AE₃-CNO, AE₃-Pc,
- . AE₇-PKO, AE₇-CNO, AE₇-Pc,
- . AE_{3S}-PKO, AE_{3S}-CNO, AE_{3S}-Pc,
- . APG-PKO, APG-CNO, APG-Pc.

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS	PRODUITS	Tensioactifs à base d'huile de coprah (CNO)	Tensioactifs à base d'huile de palme (PO)	Tensioactifs à base d'huile de colza ¹
	<i>Utilisation principale</i>		<i>Lavage et nettoyage</i>	
Filière de référence		Tensioactifs fossiles		
Consommation d'énergie non renouvelable		++	++	+
Effet de serre fossile		++	++	+
Eutrophisation		? ²	? ²	--
Acidification		+ ³	+ ³	0 ³
Destruction de la couche d'ozone		n.d.	n.d.	n.d.
Pollution photochimique		0 ³	0 ³	0 ³
Toxicité terrestre		0 ³	- ²	- ³
Toxicité aquatique		+ ³	0 ³	- ³
Santé humaine		+/- ³	+/- ³	? ³

(1) Dans cette colonne, les résultats d'une seule étude sont représentés (MAFF, 1999).

(2) Les résultats des études divergent (Keller et al. 1996), (MAFF, 1999).

(3) Données peu fiables.

Comparées aux tensioactifs pétrochimiques, les sous-filières végétales présentent un bilan en général favorable pour les classes d'impacts « énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre ». En revanche, pour les autres classes d'impacts, le bilan n'est pas défini :

- ♦ soit par manque de données,
- ♦ soit en raison de données divergentes, notamment pour les trois classes d'impacts de toxicité (humaine, terrestre, aquatique).

La comparaison entre sous-filières est difficile et délicate, car les études ACV disponibles ne se basent pas sur des unités fonctionnelles qui tiennent compte de la fonction des tensioactifs (quantités utilisées...).

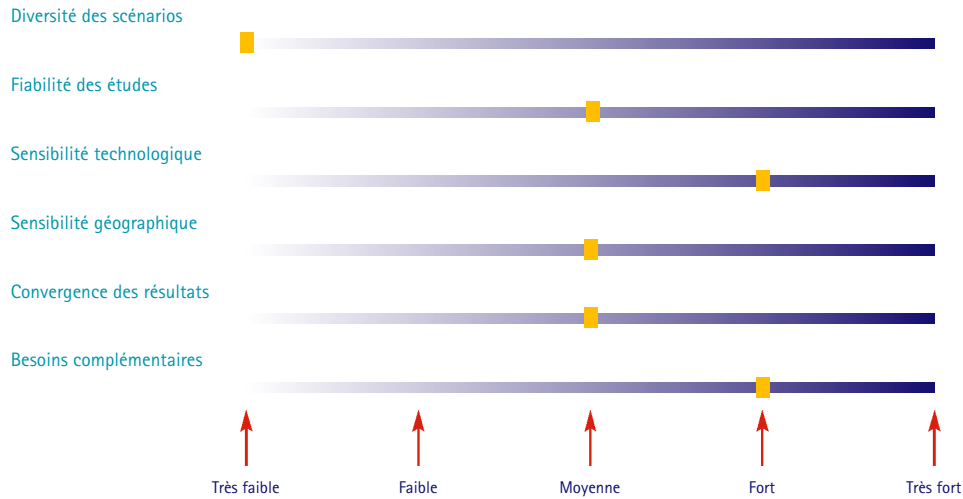
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Matière première utilisée (huile de coprah, huile de palme, colza)	. Utilisation de ressources . Effet de serre . Eutrophisation	Tous	Optimiser le choix de la matière première
	Technologie dans la phase de production (source d'énergie pour la production de l'huile : co-produits de la production de l'huile ou ressource fossile)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	Tensioactifs pour lesquels peuvent être utilisés des co-produits de cultures comme source d'énergie	Pour la production, favoriser l'utilisation de co-produits comme source d'énergie
	Emissions de la phase agricole (utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	Pesticides pour la production des huiles végétales	Favoriser une agriculture raisonnée
	Technologie dans la phase de production : procédés de production et d'extraction des huiles végétales (taille de l'installation)	Effet de serre	Huiles de palme (méthane émis lors de la digestion anaérobie)	Récupérer le méthane émis lors de la production
FAIBLE	Transport (matières premières)	. Utilisation de ressources . Effet de serre	Tous	-
INDÉTERMINÉE	Performance et quantité de tensioactifs utilisée par unité fonctionnelle, par rapport aux produits conventionnels	Toutes	Tous (fonction de l'application et de l'interaction avec les autres composants du produit final)	Améliorer les performances intrinsèques des tensioactifs
	Pratiques agricoles (pratiques de culture durable, notamment des palmiers en Asie)	-	Tensioactifs à base d'huile de palme ou de coprah	Etudier l'influence d'une agriculture durable dans les régions productrices

4

Qualité des études sélectionnées



Toutes les études sont basées sur le même inventaire, daté de 1995. Aucun état de l'art significatif n'a été mis en évidence pour cette filière.

La fiabilité est moyenne en raison d'une seule source de données, fournie par les producteurs.

La sensibilité technologique est liée à l'extraction des huiles.

La convergence des résultats s'explique par le fait que la grande majorité des études s'appuie sur les mêmes données de base, celles de l'inventaire de 1995.

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ◆ mise à jour de l'inventaire publié en 1995,
- ◆ intégration des phases d'utilisation et de fin de vie dans les études ACV,
- ◆ étude de la durabilité de la culture du palmier à huile (déforestation...),
- ◆ évaluation de l'impact environnemental sur l'ensemble des classes d'impacts.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Le gain environnemental de la filière tensioactifs, observé dans les différentes études, est d'environ 30 MJ/kg pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 2 kg éq. CO₂/kg pour l'effet de serre. Les tensioactifs à base d'huile de palme font exception car le gain peut être jusqu'à dix fois plus élevé du fait d'un meilleur rendement par hectare de la culture du palmier.

Pour la même raison, tandis que le gain par surface cultivée varie de 18 à 44 GJ/ha pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 0.3 à 2.8 t éq. CO₂/ha pour l'effet de serre, il peut être dix fois plus élevé pour les tensioactifs à base d'huile de palme.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats contradictoires, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

Seules trois études prennent en compte la totalité du cycle de vie des tensioactifs (utilisation et fin de vie en particulier). De plus, les données ACV de cette filière sont basées sur une seule source (Hirsinger et al., 1995 - Stalmans et al., 1995).

La nécessité de procéder à une comparaison par unité fonctionnelle s'impose.

Contrairement aux autres filières végétales, la filière tensioactifs bénéficie d'un niveau de développement technologique avancé.

Pour cette filière, il est possible de baser les analyses ACV sur des études réalisées pour d'autres filières végétales qui utilisent aussi des huiles végétales (lubrifiants et fluides hydrauliques, solvants, huiles esters).

7

Index bibliographique

26 références inventoriées, 13 études recensées, 6 études sélectionnées

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
PATEL M., THEISS A., WORRELL E., <i>Surfactant production and use in Germany : resource requirements and CO₂ emissions</i>	1999	Resources, Conservation and Recycling, vol. 25, p. 61-78.	Ministère allemand pour l'éducation, la science, la recherche et la technologie (BMBF - Allemagne)	. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI) . Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU - Allemagne)	Oui
PATEL M., REINHARDT G., ZEMANEK G., <i>Vegetable oils for biofuels versus surfactants : an ecological comparison for energy and greenhouse gas</i>	1999	Fett/Lipid, vol. 101, n°9, p. 314-320.	Ministère allemand pour l'éducation, la science, la recherche et la technologie (BMBF - Allemagne)	. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI) . Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU - Allemagne)	Non
MAFF, <i>Cost-benefit analysis, including life-cycle assessment, of oils produced from UK-grown oilseed compared with mineral oil</i>	1999	Maff project code: NF 0305, Reading: Centre for Agricultural Strategy, 26 p.	Ministry of agriculture, fisheries and food (Royaume-Uni)	Center for Agricultural Strategy, University of Reading (Royaume-Uni)	Non
HIRSINGER F., <i>Ecoprofiles of Surfactants, Comparing Oleochemical and Petrochemical Raw Materials</i>	1999	CTVO-net - First Workshop on Surfactants, 30.9. et 1.10.1998, Gülzow, Allemagne (www.dainet.de/fnr/ctvo/surfact/Hirslang.doc)	Henkel SA (Allemagne)	Henkel SA (Allemagne)	Non
STALMANS M., BERENBOLD H., BERNA J.L. ET AL., <i>European Life-Cycle Inventory for Detergent Surfactants Production</i>	1995	Tenside Surfactants Detergents, vol. 32, n° 2, p 84-109	European LCI Surfactant Study Group (CEFIC / ECOSOL - Europe)	Franklin Associates Ltd. (Europe, Etats-Unis)	Oui
HIRSINGER F., SCHICK K.-P., <i>A life-Cycle Inventory for the Production of Oleochemical Raw Materials</i>	1995	Tenside Surfactants Detergents, vol 32, n° 2, p. 420-432	European LCI Surfactant Study Group (CEFIC / ECOSOL - Europe)	Franklin Associates Ltd. (Europe, Etats-Unis)	Oui

Lubrifiants et fluides hydrauliques

Les lubrifiants regroupent les biomolécules qui ont la propriété de lubrifier, c'est-à-dire de rendre glissant, d'atténuer le frottement et l'usure, ou encore d'éviter l'adhérence à une paroi, autrement dit de faciliter le fonctionnement d'un dispositif. Les fluides hydrauliques sont rattachés à cette catégorie. Lubrifiants et fluides hydrauliques sont en général issus de matières premières oléochimiques dérivées du colza, par exemple.

1 *Caractéristiques*

FILIÈRE VÉGÉTALE (FILIÈRE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE
A	Lubrifiants et fluides hydrauliques végétaux	<ul style="list-style-type: none">. Colza (grains). Noix de coco (huile de coprah). Maïs (grains)	<ul style="list-style-type: none">. Lubrifiant pour chaînes de tronçonneuses. Fluide hydraulique pour machines forestières et véhicules de nettoyage des routes. Métallurgie (fluide pour le travail des métaux)
B	<ul style="list-style-type: none">. Fluides hydrauliques mixtes. Esters synthétiques (composante pétrochimique : polyalcool synthétique - polyol)	Colza (grains)	Fluide hydraulique pour machines forestières
FILIÈRES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B	Lubrifiants et fluides hydrauliques minéraux	-	<ul style="list-style-type: none">. Lubrifiant pour chaînes de tronçonneuses. Fluide hydraulique pour machines forestières et véhicules de nettoyage des routes. Métallurgie (fluide pour le travail des métaux)

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS	PRODUITS	Lubrifiants à base d'huile de colza	Fluides hydrauliques végétaux		Fluides hydrauliques mixtes
	Utilisation principale	Chânes de tronçonneuse	Véhicules de nettoyage de routes ^(1,2)	Machines forestières (abattement et transport)	Machines forestières
Filière de référence		Lubrifiants et fluides hydrauliques issus de la pétrochimie			
Consommation d'énergie non renouvelable		++	0	++	++
Effet de serre fossile		++	0	++	+
Eutrophisation		-- ¹	0	--	n.d.
Acidification		0 ¹	0	²	+ ³
Destruction de la couche d'ozone		0 ³	0	0 ³	n.d.
Pollution photochimique		0 ¹	0	- -	n.d.
Toxicité terrestre		n.d.	0	0	n.d.
Toxicité aquatique		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Santé humaine		n.d.	0	0	n.d.

(1) L'évaluation se base sur des données anglaises. L'étude présente aussi des résultats pour les lubrifiants minéraux à partir de données danoises qui conduisent à des résultats de 55 à 80 % plus faibles.

(2) Les résultats des deux études divergent.

(3) L'évaluation ne se base que sur une étude.

(4) L'unité fonctionnelle comprend tout le cycle de vie d'un véhicule de nettoyage des routes qui consomme très peu de fluide hydraulique (154 litres pendant quatre ans). L'impact environnemental ne varie donc pas sensiblement selon que l'on utilise des fluides hydrauliques végétaux ou minéraux.

Les lubrifiants végétaux utilisés dans des systèmes ouverts (pour des chaînes de tronçonneuses, par exemple) semblent présenter l'avantage environnemental le plus important. Toutefois, les études de type ACV disponibles ne renseignent pas sur les impacts en termes de toxicité terrestre et de toxicité aquatique, ou sur les impacts sur la santé humaine.

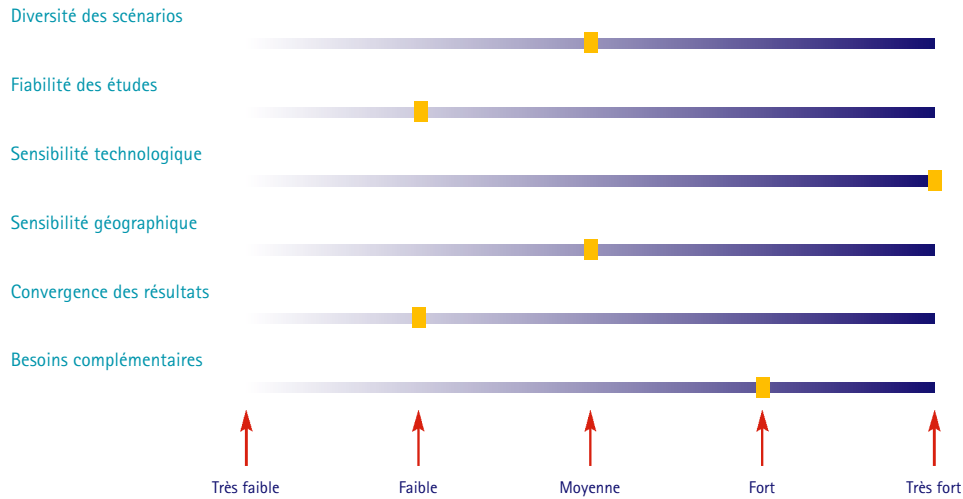
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Choix de l'unité fonctionnelle (quantités de lubrifiant utilisées par unité fonctionnelle)	Toutes	Par rapport au lubrifiant minéral, 40 % de lubrifiant végétal en moins pour le même volume de bois coupé avec des chaînes de tronçonneuses	Améliorer les performances intrinsèques à quantité égale
	Durée de vie	Toutes	Fluides hydrauliques triglycérides à base de l'huile de colza (fréquence de remplacement plus élevée que pour les fluides hydrauliques minéraux)	Améliorer la durée de vie
	Choix de la méthode d'allocation (co-produits de la production de colza, pas d'allocation, allocation massique, financière ou énergétique)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre Toxicité terrestre et aquatique Eutrophisation 	<ul style="list-style-type: none"> Lubrifiants à base de colza pour les chaînes des tronçonneuses Huile végétale 	-
	Pertes de lubrifiant et de fluides hydrauliques dans l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> Toxicité terrestre Toxicité aquatique 	Lubrifiants et fluides hydrauliques	Réduire les émissions directes dans l'environnement
	Procédé et mode de production (extraction des huiles, pressage local ou centralisé)	<ul style="list-style-type: none"> Effet de serre Pollution photochimique 	Huile de colza	Optimiser le procédé de production
FAIBLE	Transport des matières premières et du produit fini	<ul style="list-style-type: none"> Energie Effet de serre 	Huile de colza	-
INDÉTERMINÉE	Type de matière première utilisé (tournesol, colza)	-	Tous	Etudier l'influence du type de matière première utilisé
	Technologie dans la phase d'utilisation (réduction des fuites lors de l'utilisation)	Toutes	Fluides hydrauliques	Etudier l'influence des pertes dans l'environnement

4

Qualité des études sélectionnées



Aucun état de l'art significatif n'a été mis en évidence pour cette filière.

La fiabilité est assez faible car peu de revues externes sont disponibles et les études sont parfois partielles.

La sensibilité technologique est très forte (pertes de fluides, procédés de production, performance et durée de vie du produit) ; la sensibilité géographique est moyenne (phase agricole).

La convergence des résultats est manifeste pour les classes d'impacts « énergie primaire non renouvelable » et « effet de serre ». Pour les autres classes d'impacts, la convergence est beaucoup moins nette.

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ◆ quantités de produits végétaux nécessaires pour remplacer les solvants fossiles (avec la même fonction),
- ◆ données sur les additifs des lubrifiants et des fluides hydrauliques,
- ◆ données sur les huiles et fluides hydrauliques à base de mélanges d'esters obtenus à partir de tournesol oléique,
- ◆ données sur les systèmes pour lesquels les émissions directes dans l'environnement (pertes) sont importantes,
- ◆ évaluation de l'impact environnemental sur l'eutrophisation, la destruction de la couche d'ozone, la pollution photochimique, la toxicité pour l'écosystème et la santé humaine.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Le gain environnemental de la filière lubrifiants et fluides hydrauliques, observé dans les différentes études, est d'environ 35 MJ/kg sur la consommation d'énergie primaire non renouvelable et de 2.5 kg équ. CO₂/kg sur l'effet de serre.

Le gain par surface cultivée varie, quant à lui, entre 44 et 95 GJ/ha pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable et entre 1.7 et 6.8 t équ. CO₂/ha pour l'effet de serre.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats divergents, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

Les lubrifiants et fluides hydrauliques sont mal connus du point de vue ACV, faute d'analyse de ce type pour les plus récents (mélanges d'esters obtenus à partir de tournesol oléique avec des additifs améliorant la stabilité des fluides).

Les conditions d'utilisation, l'allocation des émissions des co-produits et les quantités nécessaires sont des paramètres importants pour cette filière.

Il est possible de baser les analyses ACV de la filière lubrifiants et fluides hydrauliques sur des études réalisées pour d'autres filières végétales qui utilisent aussi des huiles végétales (tensioactifs, solvants, huiles esters...).

27 références inventoriées, 11 études recensées, 4 études sélectionnées

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
VAG C., MARBY A., KOPP M., FURBERG L., NORRBY T., <i>A comparative Life Cycle Assessment of the manufacture of base Fluids for Lubricants</i>	2002	Journal of Synthetic Lubrication, vol. 19, pp. 39-51	Statoil (Suède)	Statoil Lubricants & Development, Nynäshamn (Suède)	Non
. McMANUS M., <i>Life Cycle Assessment of Rapeseed and Mineral Oil Based Fluid Power Systems</i>	2001	Thesis, Bath University, 257 p.	Université de Bath (Royaume-Uni)	Université de Bath (Royaume-Uni)	Non
. BURROWS C.R., HAMMOND G.P., McMANUS M.C., <i>Life-Cycle Assessment of Oil Hydraulic systems for environmentally-sensitive applications</i>	1998	ASME: Fluid Power Systems and Technology, FPST-vol. 5, pp. 61-68			
. HERBENER R., REINHARDT G.A., <i>Ökobilanz von Schmierstoffen aus Rapsöl im Vergleich zu konventionellen Schmierstoffen</i> (analyse de cycle de vie de lubrifiants à base de l'huile de colza en comparaison avec des lubrifiants conventionnels)	mars 2001	Fachagentur Nachhaltigende Rohstoffe e.V. (ed.), Proceedings of the 7th Symposium Bio-based materials for chemistry, Gülzow, Dresden.	Institute for Energy and Environmental Research (IFEU - Allemagne)	Institute for Energy and Environmental Research (IFEU - Allemagne)	Non
. REINHARDT G.A., HERBENER R., GÄRTNER S.O., UHLEIN A., <i>Life cycle analysis of lubricants from rape seed oil in comparison to conventional lubricants</i>	2001	Heidelberg: Institute for Energy and Environmental Research (IFEU)			
. ZEMANEK G., REINHARDT G.A., <i>Notes on life-cycle assessments of vegetable oils</i>	1999	Fet-Lipid, vol. 101, n° 9, pp. 321-327			
. MINISTRY OF AGRICULTURES, FISHERIES AND FOOD OF THE UK (MAFF), <i>Cost-benefit analysis, including life-cycle assessment, of oils produced from UK-grown oilseeds compared with mineral oils</i>	1998	MAFF project code: NF 0305. Reading: Centre for Agricultural Strategy, 26 p	. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food of UK (Royaume-Uni)	. Scottish Agricultural College (SAC - Royaume-Uni)	Non
. WIGHTMANN P., EAVIS R., BATCHELOR S., WALKER K., BENNET R., CARRUTHERS S., TRANTER R., <i>Life-Cycle Assessment of Chainsaw lubricants made from rapeseed oil or mineral oil</i>	1999	??	. Scottish Office Agriculture Environment and Fisheries Department (Royaume-Uni)	. Centre for Agricultural Strategy, University of Reading (Royaume-Uni)	
. WIGHTMANN P., EAVIS R., BATCHELOR S., WALKER K., BENNET R., CARRUTHERS S., TRANTER R., <i>Comparison of rapeseed and mineral oils using Life-Cycle Assessment and Cost-Benefit Analysis</i>	1999	Oléagineux, Corps gras, Lipides, vol. 6, n°5, pp. 384-388			

Solvants

Les solvants sont des biomolécules qui ont la propriété de dissoudre, de suspendre ou d'extraire d'autres substances, sans provoquer de modifications chimiques de ces substances et sans se modifier elles-mêmes. Les solvants sont majoritairement issus des huiles végétales ou de leurs esters (EMHV de colza, tournesol, soja...), ou bien obtenus à partir des esters d'acides organiques fermentaires (acétiques, citriques, lactiques...).

1 *Caractéristiques*

FILIÈRE VÉGÉTALE (FILIÈRE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE
A	. Détergents et agents de dégraissage . Esters méthyliques (RME)	Colza (huile)	Nettoyage et dégraissage dans l'industrie métallurgique
B	. Détergents et agents de dégraissage . Lauréate éthylhexylique (EHL)	Noix de coco (huile)	Nettoyage et dégraissage dans l'industrie métallurgique
C	Encres (solvants dans des laques)	. Soja (huile) . Bois (colophane de Tall-oil)	Impression lithographique (feuille par feuille)
D	Encres (noir et couleur)	. Colza (huile) . Soja (huile)	Industrie graphique
FILIÈRES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B	Solvants (mélange d'hydrocarbures désaromatisés C10-C12)	-	Nettoyage et dégraissage dans l'industrie métallurgique
D	Encres classiques (noir et couleur)	-	Industrie graphique

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS	PRODUITS	Détergent RME ¹	Détergent EHL ¹	Encre noire à base de colza ¹	Encre noire à base de soja ¹	Encre de couleur à base de colza ¹	Encre de couleur à base de soja ¹
Utilisation principale		Nettoyage et dégraissage dans l'industrie métallurgique		Impression dans l'industrie graphique			
Filière de référence		Solvants classiques <small>(mél. d'hydrocarb. désaromatisés C10-C12)</small>		Encres classiques			
Consommation d'énergie non renouvelable		++	++	++ ³	++ ³	++ ³	++ ³
Effet de serre fossile		0 ²	++ ²	++	++	++	++
Eutrophisation		--	0	--	--	--	--
Acidification		0	+	++	++	++	++
Destruction de la couche d'ozone		++	++	++	++	++	++
Pollution photochimique		++	++	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Toxicité terrestre		-	n.d.	-- ⁴	-- ⁴	-- ⁴	-- ⁴
Toxicité aquatique		--	--	-- ⁴	-- ⁴	-- ⁴	-- ⁴
Santé humaine		+	++	++	++	++	++

(1) La comparaison avec la filière conventionnelle ne se base que sur deux études ACV (première et deuxième colonne - Vollebregt et al. 1999, colonnes trois à six - Rafenberg et al., 1998).

(2) Le bilan des esters méthyliques à base du colza (RME) au regard de l'effet de serre est beaucoup moins favorable que celui du lauréate éthylhexylique (EHL). Cela s'explique en partie par les émissions de CO₂ lors du labour et les émissions de N₂O lors de la culture du colza.

(3) Résultats de la classe d'impacts : utilisation de ressources.

(4) Les deux classes d'impacts sont agrégées dans une seule : l'écotoxicité.

La production de solvants à partir de la filière végétale est peu étudiée, bien que les données relatives au colza soient les plus complètes qui existent.

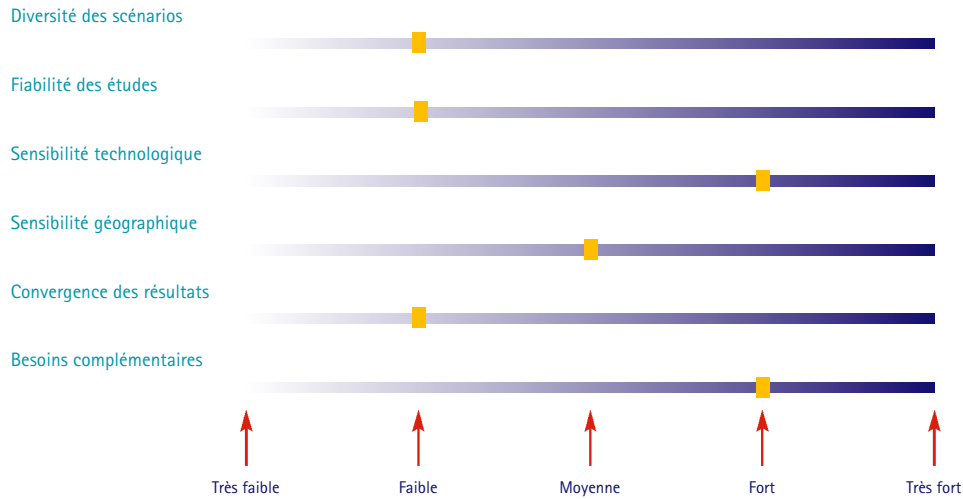
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Choix de l'unité fonctionnelle (quantité utilisée par unité fonctionnelle par rapport aux produits conventionnels)	Toutes	Tous	Assurer une performance intrinsèque meilleure du solvant végétal
	Matière première utilisée (colza, coprah)	<ul style="list-style-type: none"> . Utilisation de ressources . Ecotoxicité . Eutrophisation . Acidification 	<ul style="list-style-type: none"> . Détergents et agents de dégraissage . Encre noir et couleur 	-
	Allocation des émissions liées aux co-produits	Toutes	Co-produits de la production de l'huile de colza	S'assurer des débouchés pour les co-produits
	Technologie dans la phase de production (par exemple l'extraction des huiles)	<ul style="list-style-type: none"> . Consommation de ressources . Smog d'été . Toxicité 	Produits à base d'huile de coprah	Améliorer la phase d'extraction des huiles
	Emissions de la phase agricole (production et utilisation d'engrais)	<ul style="list-style-type: none"> . Utilisation de ressources . Effet de serre . Acidification 	Esters méthyliques	Favoriser une agriculture raisonnée
	Pratiques agricoles (labour conventionnel, labour limité, pas de labour)	<ul style="list-style-type: none"> . Utilisation de ressources . Ecotoxicité . Eutrophisation 	Soja pour les encres végétales	Améliorer les pratiques agricoles
FAIBLE	Transport	Utilisation des ressources	Tous	-
INDÉTERMINÉE	Type de valorisation en fin de vie (le recyclage pourrait avoir un effet décisif sur le bilan des huiles végétales)	<ul style="list-style-type: none"> . Effet de serre . Ecotoxicité . Toxicité humaine 	Tous	S'assurer que la valorisation en fin de vie est adaptée et effectivement réalisée
	Technologie dans la phase de production : changement de la composition du produit (remplacement partiel du colophane de tall-oil par de l'huile de soja)	<ul style="list-style-type: none"> . Destruction de la couche d'ozone . Utilisation de ressources . Ecotoxicité . Eutrophisation 	Encres à base de soja	Remplacer le colophane de tall-oil par de l'huile de soja
	Produits substitués	<ul style="list-style-type: none"> . Effet de serre . Ecotoxicité . Santé humaine 	Tous les produits	Substituer les solvants qui ont l'impact environnemental le plus important

4

Qualité des études sélectionnées



Très peu d'études sont disponibles pour cette filière. Aucun état de l'art significatif n'a été mis en évidence.

Très peu de valeurs numériques sont disponibles et la fiabilité des études est difficilement appréciable.

La sensibilité technologique est forte pour le lauréate éthylhexylique à base d'huile de coprah.

Il n'existe pas assez d'études de type ACV permettant d'évaluer la convergence des résultats.

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ◆ quantités de produits végétaux nécessaires pour remplacer les solvants fossiles (avec la même fonction),
- ◆ émissions des intrants des procédés de production des solvants végétaux,
- ◆ émissions des solvants lors de la phase d'utilisation,
- ◆ émissions liées à la fin de vie des solvants,
- ◆ évaluation complète de différents solvants issus de la filière végétale ainsi que leurs filières fossiles correspondantes optimisées (réduction des quantités utilisées par exemple),
- ◆ évaluation de l'impact environnemental sur la pollution photochimique et l'écotoxicité.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Une seule étude présente des résultats en valeurs absolues pour deux solvants. Le gain observé varie de 34 à 51 MJ/kg pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable.

Le gain environnemental de la filière solvants par surface cultivée varie, quant à lui, de 20 à 78 GJ/ha pour la consommation d'énergie primaire non renouvelable. L'ordre de grandeur des gains obtenus est donc sensiblement le même que pour les filières biocarburants, lubrifiants et fluides hydrauliques, et tensioactifs.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats contradictoires, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

La filière solvants est mal connue du point de vue ACV et les applications sont très diverses.

La nécessité de procéder à une comparaison par unité fonctionnelle (conditions d'utilisation et quantités nécessaires) s'impose.

Il est possible de réaliser des études ACV de solvants sur la base d'études concernant d'autres filières végétales (tensioactifs, lubrifiants, huiles esters/biocarburants) car ces produits dérivent des mêmes huiles végétales.

La réduction de l'impact des solvants fossiles peut passer par l'utilisation d'autres solvants, non issus de la filière végétale (par exemple, les peintures à l'eau au lieu des peintures contenant des solvants organiques).

7

Index bibliographique

9 références inventoriées, 6 études recensées, 3 études sélectionnées

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
TOLLE D.A., EVERS D.P., VIGON B.W., SHEEHAN J.J., <i>Streamlined LCA of Soy-Based Ink Printing</i>	2000	International Journal of LCA, vol. 5, n°6, pp. 374-384	lowa Soybean Promotion Board Illinois Soybean Checkoff Board (Etats-Unis)	Battelle (Etats-Unis)	Non
RAFENBERG C., MAYER E., <i>Life Cycle Analysis of the Newspaper Le Monde</i>	1998	International Journal of LCA, vol. 3, n° 31, pp. 131-144	Le Monde (France)	Université de Paris VII U.F. Environnement (France)	Non
TERWOERT J., VOLLEBREGT L., FEBER M. ET AL., <i>LCA of Cleaning products in the metal industry - a comparison between solvent products and vegetable oil based fatty acid esters</i>	1996	A m s t e r d a m , Chemiewinkel, Université d'Amsterdam, 132 p.	Union Européenne	Chemiewinkel, Université d'Amsterdam (Pays-Bas)	Non
VOLLEBREGT L., TERWOERT J., <i>LCA of cleaning and degreasing agents in the metal industry</i>	1998	International Journal of LCA, vol. 3, n° 1, pp. 12-17			

Intermédiaires chimiques et autres

Agent de liaison, 1,4-butanediol (BDO), méthyle éthyle hydroxy éthyle cellulose (MEHEC)

Les intermédiaires chimiques sont des biomolécules qui n'ont pas d'utilisation finale spécifique, mais qui entrent dans la production d'un certain nombre de produits chimiques dont l'utilisation finale est, elle, clairement identifiée. On entend par « autres » les biomolécules qui ne sont ni des tensioactifs, ni des lubrifiants, ni des solvants, ni des intermédiaires chimiques. On trouve dans cette catégorie différents produits, tels que les agents de liaison ou encore les additifs.

1 *Caractéristiques*

FILIÈRE VÉGÉTALE (FILIÈRE FOSSILE SUBSTITUÉE)	PRODUIT	BIOMASSE (MOLÉCULE)	UTILISATION PRINCIPALE
A	Agent de liaison	Lin (graine)	Agent de liaison durcissant aux UV (laque sans additifs) pour les surfaces planes
B	Laque	Lin (graine)	Couche de protection de surfaces extérieures
C	1,4-butanediol (BDO)	Maïs (graine)	Synthèse de différents produits chimiques
D	MEHEC (méthyle éthyle hydroxy éthyle cellulose)	Bois (cellulose)	Additif pour liants hydrauliques
FILIÈRES FOSSILES DE RÉFÉRENCE			
A / B	Agent de liaison (50% Tripropylèneglycoldiacrylate - TPGDA - et 50% Bisphénol-A-diglycidéthéracrylate - DGEABA)	-	Agent de liaison
C	1,4-butanediol (BDO)	-	Synthèse de différents produits chimiques

2

Impacts environnementaux du végétal par rapport au fossile

CLASSE D'IMPACTS	PRODUITS	Agent de liaison à base de l'huile de lin ¹	1,4-butanediol à base de glucose dérivé de maïs (BDO) ¹
Utilisation principale		Laque	Produit servant à la synthèse de différents produits chimiques
Filière de référence		Produits issus de la pétrochimie	
Consommation d'énergie non renouvelable		++	n.d. ²
Effet de serre fossile		++	++
Eutrophisation		n.d.	0
Acidification		n.d.	--
Destruction de la couche d'ozone		n.d.	n.d.
Pollution photochimique		n.d.	--
Toxicité terrestre		n.d.	++
Toxicité aquatique		n.d.	--
Santé humaine :			
. par inhalation		n.d.	--
. cancérigène		n.d.	++

(1) Une seule étude comparant des produits issus de la filière végétale et des produits pétrochimiques est disponible pour ces sous-filières.

(2) La consommation d'énergie non renouvelable n'est pas détaillée dans l'étude (Vigon et al., 1996). Selon les auteurs, la filière végétale ne présente pas d'avantage du point de vue de la consommation d'énergie totale. La production de BDO à base de glucose consomme plus d'électricité que sa production à base de ressources fossiles. Mais cela n'explique pas pourquoi le rapport des émissions de dioxyde de carbone sur l'énergie est exceptionnellement élevé pour le scénario pétrochimique, alors que pour le scénario végétal, il correspond à l'ordre de grandeur d'autres études ACV similaires. Il est fort possible qu'au niveau de l'inventaire, soit les émissions de dioxyde de carbone du scénario pétrochimique sont surestimées, soit sa consommation d'énergie est sous-estimée.

En raison du peu d'études disponibles et de la diversité de la filière intermédiaires chimiques et autres, il n'est pas possible de comparer les sous-filières végétales entre elles pour visualiser la plus intéressante du point de vue de l'impact environnemental.

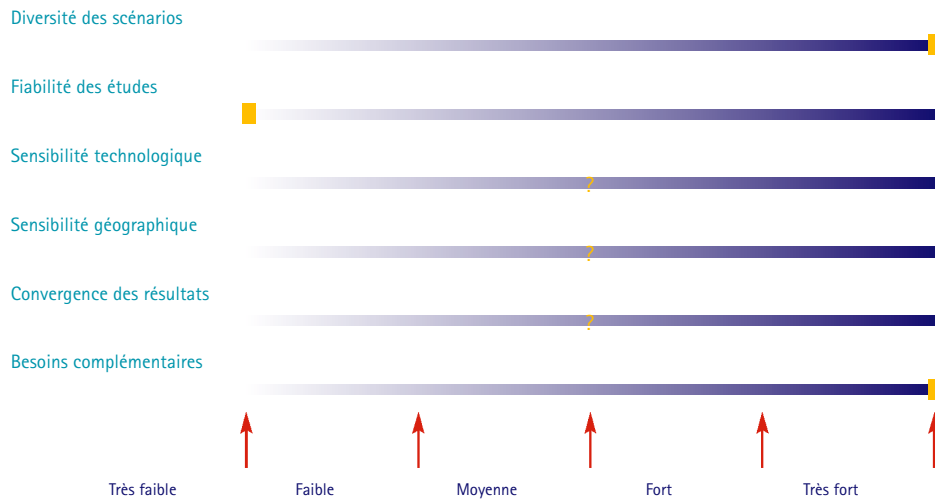
3

Paramètres influents et leviers d'amélioration

INFLUENCE DU PARAMÈTRE	PARAMÈTRE	CLASSES D'IMPACTS CORRESPONDANTES	PRODUIT CONCERNÉ	LEVIER D'AMÉLIORATION
FORTE	Technologie dans la phase de production (consommation électrique et préparation de l'huile pour la synthèse du 1,4-butanediol)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	La préparation de l'huile consomme à peu près un quart de la consommation d'énergie de la synthèse de 1,4-butanediol	-
	Pratiques agricoles (mise à disposition des engrais)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	1,4-butanediol (40% de la consommation nécessaire pour la production de maïs)	Favoriser une agriculture raisonnée
	Matière première (maïs)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	1,4-butanediol	-
	Type de production (pression locale ou centralisée de l'huile)	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre 	Agents de liaison Laques	-
INDÉTERMINÉE	Choix de l'unité fonctionnelle (quantité de produit utilisé par unité fonctionnelle)	Toutes	-	-
	Matière première utilisée	Toutes	Huile et EMHV de colza	-
	Produits substitués	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de ressources Effet de serre Pollution photochimique Santé humaine 	Laques	-
	Type de valorisation en fin de vie	Toutes	-	-

4

Qualité des études sélectionnées



On note une très forte diversité des études, ce qui reflète la diversité de la filière. Aucun état de l'art significatif n'a été mis en évidence pour la filière intermédiaires chimiques et autres.

La fiabilité des données ACV est très faible (études partielles, peu de revues critiques, études comportant des incohérences dans les bilans d'énergie et de gaz à effet de serre...).

Données manquantes ou présentant une forte incertitude :

- ◆ évaluation de l'impact environnemental sur l'ensemble des classes d'impacts des intermédiaires chimiques à base de produits végétaux.

5

Evaluation quantifiée de quelques indicateurs

Les quelques études recensées pour cette filière ne sont pas représentatives de sa diversité. Cependant, le gain environnemental, observé dans les différentes études, est supérieur à 50 % par kilogramme de produit pour la consommation d'énergie non renouvelable et pour l'effet de serre.

La comparaison des différents produits issus de la filière intermédiaires chimiques et autres est difficile, car les études ACV disponibles ne se basent pas sur des unités fonctionnelles qui tiennent compte de la fonction desdits produits.

Pour les autres classes d'impacts, les études présentent soit peu de valeurs quantifiées, soit des résultats contradictoires, qui ne sont donc pas présentés de manière quantitative.

6

Discussion

La filière intermédiaires chimiques et autres est très hétérogène et peu connue du point de vue ACV.

Les connaissances ne sont pas assez solides pour dégager des tendances générales ou par sous-filières.

L'impact environnemental sur les différentes classes d'impacts semble afficher des tendances similaires à celles des autres filières végétales pour les quelques produits étudiés. La filière intermédiaires chimiques et autres présente en effet des bénéfices en termes de consommation d'énergie non renouvelable et d'émission de gaz à effet de serre. Les résultats concernant d'autres classes d'impacts ne sont pas assez fiables et documentés pour que l'on puisse dégager des orientations.

7

Index bibliographique

11 références inventoriées, 7 études recensées, 2 études sélectionnées

TITRE	DATE	SOURCE	MANDATAIRE	RÉALISATION	REVUE CRIT.
DIEHLMANN A., KREISEL G., <i>Oekologische Bilanzierung ausgewählter Lackrohstoffe: Vergleich von Bindemitteln auf nativer und petrochemischer Basis</i> (bilan écologique de certaines laques : comparaison d'agents de liaison natifs et pétrochimiques)	2000	Deutschland, Jena University, ITUC (Institute for Technical Chemistry and Environmental Chemistry), 90 p (www.chemie.uni-oldenburg.de/oc/metzger/download/lacke/abschlussbericht.htm)	D e u t s c h e Bundesstiftung Umwelt (Allemagne)	Institute for Technical Chemistry and Environmental Chemistry, Jena University, ITUC (Allemagne)	Non
VIGON B.W., FREEMAN S.L., LANDUCCI R. ET AL., <i>Use of Streamlined Life-Cycle Assessment for Technology R&D Investment Analysis</i>	1996	Richland, Columbus, Golden: Pacific Northwest National Laboratory, Battelle Columbus Laboratories, National Renewable Energy Laboratory, 17 p.	Strategic Environmental Research and Development Program (SERDP - États-Unis)	. Pacific Northwest National Laboratory . Battelle Columbus Laboratories . National Renewable Energy Laboratory (États-Unis)	?