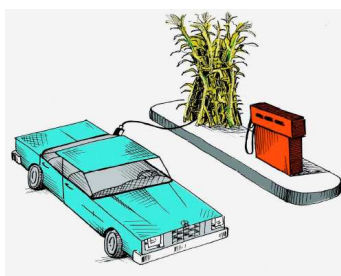
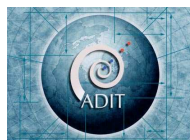




# Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation d'un projet stratégique régional Les biocarburants et leurs coproduits



**Octobre 2005**



**ADIT**  
**Société nationale d'intelligence stratégique**

**Auteur : Pierre Leroy, 03 88 21 42 42, [plr@adit.fr](mailto:plr@adit.fr)**



## Sommaire

<b>Chap. 0 : Introduction</b>	<i>p. 4</i>
<i>Contexte et enjeux</i>	<i>p. 4</i>
<i>Les biocarburants à l'ordre du jour</i>	<i>p. 4</i>
<i>Les agroressources en région Centre</i>	<i>p. 5</i>
<i>Positionner la région Centre sur un domaine stratégique : les biocarburants et leurs coproduits</i>	<i>p. 6</i>
<b>Chap. 1 : Environnement du projet</b>	<i>p. 8</i>
<i>Définitions</i>	<i>p. 8</i>
<i>Biocarburants</i>	<i>p. 8</i>
<i>Coproduits</i>	<i>p. 9</i>
<i>Deux filières principales : l'éthanol et le biodiesel</i>	<i>p. 10</i>
<i>Éthanol et ETBE</i>	<i>p. 10</i>
<i>Biodiesel</i>	<i>p. 13</i>
<i>Une filière émergente : les biocarburants ligno-cellulosiques</i>	<i>p. 15</i>
<i>La voie thermochimique</i>	<i>p. 16</i>
<i>La voie biochimique</i>	<i>p. 17</i>
<i>Le cadre législatif et politique</i>	<i>p. 17</i>
<i>Le contexte européen</i>	<i>p. 17</i>
<i>Un plan français en faveur des biocarburants</i>	<i>p. 19</i>
<i>Les atouts des biocarburants</i>	<i>p. 21</i>
<i>Sécurité des approvisionnements et indépendance énergétique</i>	<i>p. 22</i>
<i>Effets bénéfiques sur l'environnement</i>	<i>p. 23</i>
<i>Impacts positifs sur les sphères agricole et industrielle</i>	<i>p. 25</i>
<i>Performances techniques</i>	<i>p. 27</i>
<i>La valorisation économique des coproduits</i>	<i>p. 28</i>
<i>Typologie des coproduits</i>	<i>p. 28</i>
<i>Différentes voies de réemploi</i>	<i>p. 29</i>
<i>Le contexte régional</i>	<i>p. 31</i>
<i>Les forces de la région Centre</i>	<i>p. 31</i>
<i>Des handicaps à surmonter</i>	<i>p. 33</i>
<b>Chap. 2 : Étalonnage des pôles existants et meilleures pratiques</b>	<i>p. 34</i>
<i>La production des biocarburants</i>	<i>p. 35</i>
<i>La filière biodiesel</i>	<i>p. 35</i>
<i>La filière éthanol</i>	<i>p. 42</i>
<i>La recherche sur la valorisation des agroressources</i>	<i>p. 51</i>
<i>En France</i>	<i>p. 51</i>
<i>En Europe et dans le monde</i>	<i>p. 58</i>



## Sommaire

<i>Une nouvelle organisation industrielle</i>	<i>p. 63</i>
<i>Le concept de bioraffinerie</i>	<i>p. 63</i>
<i>Vers une écologie industrielle</i>	<i>p. 68</i>
<b>Chap. 3 : Propositions de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques</b>	
<i>Formalisation de la vision stratégique</i>	<i>p. 70</i>
<i>Création d'un pôle Biomasse en région Centre</i>	<i>p. 70</i>
<i>Identification des leviers</i>	<i>p. 71</i>
<i>Pistes d'actions possibles</i>	<i>p. 71</i>
<i>Des actions sur trois échelles de temps</i>	<i>p. 71</i>
<i>Choix d'actions prioritaires</i>	<i>p. 74</i>
<b>Chap. 4 : Opportunités de développement exogène</b>	<i>p. 75</i>
<i>Voie biochimique</i>	<i>p. 76</i>
<i>Plate-forme « sucre »</i>	<i>p. 76</i>
<i>Répertoire d'entreprises</i>	<i>p. 78</i>
<i>Voie thermochimique</i>	<i>p. 80</i>
<i>Plate-forme « syngas »</i>	<i>p. 80</i>
<i>Répertoire d'entreprises</i>	<i>p. 81</i>
<b>Chap. 5 : Nouvelles voies de recherche sur les coproduits</b>	<i>p. 84</i>
<i>Le travail pionnier de deux laboratoires américains</i>	<i>p. 84</i>
<i>Recherche de composés à haute valeur ajoutée issus de la biomasse</i>	<i>p. 84</i>
<i>Méthodologie de criblage</i>	<i>p. 85</i>
<i>Résultats : sélection de 15 composés à haute valeur ajoutée</i>	<i>p. 92</i>
<i>Autres voies de recherche</i>	<i>p. 95</i>
<i>Des domaines quasi inexplorés</i>	<i>p. 95</i>
<i>Un exemple : la valorisation de la lignine</i>	<i>p. 96</i>
<b>Annexe : Produits chimiques à haute valeur ajoutée issus de la biomasse</b>	<i>p. 97</i>
<i>Étude NREL-PNNL</i>	<i>p. 97</i>
<i>Titre de l'étude</i>	<i>p. 97</i>
<i>Texte intégral</i>	<i>p. 98</i>

**Chap. 0 : Introduction C**

Chap. 1 : Environnement du projet

Chap. 2 : Étalonnage des pôles existants et meilleures pratiques

Chap. 3 : Propositions de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques

Chap. 4 : Opportunités de développement exogène

Chap. 5 : Nouvelles voies de recherche sur les coproduits

Annexe : Produits chimiques à haute valeur ajoutée issus de la biomasse



## Chap. 0 : Introduction

### *Contexte et enjeux*

#### ▪ Les biocarburants à l'ordre du jour

Selon un récent rapport du Conseil européen de l'énergie renouvelable EREC (*European Renewable Energy Council*), la moitié de l'approvisionnement mondial en énergie pourrait provenir de sources d'**énergies renouvelables** d'ici à 2040<sup>1</sup>. Selon l'EREC, la biomasse devrait apporter de loin la plus grande contribution aux énergies renouvelables, d'ici à 2010, en fournissant l'équivalent de 3271 millions de tonnes de pétrole (TEP, tonne équivalent pétrole) chaque année. Les systèmes photovoltaïques arrivent en deuxième position, avec 784 millions de TEP, devant l'énergie éolienne.

Transformer l'huile de colza ou le sucre de betterave en carburants automobiles pour réduire la dépendance de la France à l'or noir et rouler plus propre ? On en parlait déjà dans les années 1980, à l'époque de la « chasse au gaspi ». Après la première guerre mondiale et jusqu'en 1944, la consommation d'alcool comme

<sup>1</sup> *Renewable energy scenario to 2040*, disponible à l'URL : [http://www.erec-renewables.org/documents/targets\\_2040/EREC\\_Scenario%202040.pdf](http://www.erec-renewables.org/documents/targets_2040/EREC_Scenario%202040.pdf)

carburant était comprise entre 1 et 2 millions d'hectolitres par an, avec un pic à 4 millions en 1936, soit quatre fois la consommation actuelle. Ce rêve d'agronome a pourtant buté contre l'indifférence des constructeurs, la réticence des producteurs de pétrole et - surtout - le coût de production prohibitif des biocarburants. Aujourd'hui, toutefois, les conditions semblent plus que jamais réunies pour un démarrage - ou un nouveau départ - de la filière : la flambée des cours du pétrole brut, l'instabilité du contexte géopolitique de l'énergie, la menace d'un épuisement des réserves avant la fin du siècle et la nécessité de lutter contre l'effet de serre poussent la plupart des pays industrialisés à s'engager durablement dans la voie des « **carburants verts** ».

#### ▪ **Les agroressources en région Centre**

Première région européenne par sa **production de céréales** et au premier rang des régions françaises pour la **culture de graines oléagineuses**, la région Centre, riche d'une grande diversité de terroirs, est dotée d'une agriculture qui se distingue par la prédominance des grandes cultures, avec, notamment, la Beauce et la Champagne berrichonne. Le blé tendre et les oléagineux représentent plus de 30 % de la valeur des productions agricoles régionales. Près d'un quart de la surface nationale de colza est cultivée en région Centre. Les cultures industrielles sont également bien représentées, en particulier par la betterave à sucre. En outre, la région arrive au premier rang français pour le colza destiné à la fabrication de biodiesel. Dans le Loiret, le quart des surfaces allouées à la culture des oléagineux sont ainsi dédiées aux biocarburants.

Par ailleurs, le Centre est boisé à près de 20 %, les **forêts** occupant plus de 850 000 hectares du territoire régional. La propriété forestière est essentiellement privée (86 % de la surface) et très morcelée, comme en Sologne. La forêt publique ne représente qu'un

hectare boisé sur huit mais se caractérise par la présence de massifs importants, comme la forêt domaniale d'Orléans.

▪ **Positionner la région Centre sur un domaine stratégique : les biocarburants et leurs coproduits**

La valorisation économique, dans des filières non alimentaires, des agroressources générées dans la région Centre, ainsi que du gisement de biomasse substantiel que représente la forêt, est un enjeu à plusieurs titres. L'ouverture de nouveaux débouchés pour les produits agricoles ou d'origine forestière dans les domaines de l'énergie, de la chimie et des matériaux répond notamment à la nécessité de limiter les émissions de gaz à effet de serre et de promouvoir les matières premières renouvelables dans le cadre du développement durable. Outre ces importants enjeux environnementaux, les filières concernées relèvent d'autres défis par la création d'emplois et de valeur ajoutée sur le territoire, notamment par substitution d'importations de matières premières d'origine pétrolière.

Le non alimentaire est un sujet en émergence, fragmenté et peu structuré. Ses acteurs sont issus d'industries très diverses allant du secteur de l'automobile à l'agricole, en passant par les cosmétiques, les pétroliers et les fabricants de matériaux. Dans le domaine des bioproduits issus de la biomasse et de leur valorisation industrielle, la région Centre possède des atouts indéniables : sa capacité de production, sa capacité industrielle, sa capacité de recherche et universitaire, son expérience, etc.. Par ailleurs, la présence, au sein du tissu industriel régional, d'entreprises telles que des concepteurs de moteurs, des industries de la chimie et de la parachimie, ou encore des industries de conditionnement, crée un terrain propice au développement de cette filière.

L'objectif de cette étude est de **positionner la région Centre sur le domaine stratégique des biocarburants et de leurs coproduits**. Le terme coproduits couvre l'ensemble des produits annexes ou résidus associés résultant de la production de biocarburant à partir des matières premières agricoles mises en œuvre et susceptibles de générer une valeur économique supplémentaire dans la globalité d'un projet. Les procédés industriels de production des biocarburants sont aujourd'hui bien connus, et l'information les concernant est abondante. En revanche, la valorisation de leurs coproduits, sources de gain et de rentabilité dans les projets, est encore insuffisamment réalisée en France, alors qu'elle est plus largement explorée à l'étranger. Une démarche d'intelligence économique traitant simultanément des deux sujets - biocarburants ET coproduits - apporterait une réelle plus-value et serait susceptible de motiver une plus large représentation d'industriels régionaux.

L'Adit propose ainsi d'étudier l'opportunité pour la région Centre de créer et développer un **pôle stratégique d'excellence** qui permettrait :

- de créer d'une plateforme industrielle regroupant une pépinière d'entreprises innovantes, un parc d'activités avec les entreprises leader, des centres d'intervention et de formation ;
- de favoriser l'implantation d'entreprises spécialisées dans les biocarburants et la valorisation industrielle de leurs coproduits ;
- de valoriser le tissu existant des PME/PMI qui ne disposent pas de capacité de pénétration des marchés européens périphériques.

Chap. 0 : Introduction

**Chap. 1 : Environnement du projet C**

Chap. 2 : Étalonnage des pôles existants et meilleures pratiques

Chap. 3 : Propositions de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques

Chap. 4 : Opportunités de développement exogène

Chap. 5 : Nouvelles voies de recherche sur les coproduits

Annexe : Produits chimiques à haute valeur ajoutée issus de la biomasse



## Chap. 1 : Environnement du projet

### *Définitions*

#### ▪ **Biocarburants**

On appelle **biocarburant**, un combustible liquide ou gazeux utilisé pour le transport et produit à partir de la biomasse. La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et de ses industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux<sup>2</sup>. Dans une liste non exhaustive, la directive européenne 2003/30/CE distingue les dix produits suivants :

- le **bioéthanol**, éthanol produit à partir de la biomasse et/ou de la fraction biodégradable des déchets et utilisé comme biocarburant ;
- le **biodiesel**, ester méthylique de qualité diesel produit à partir d'une huile végétale ou animale à utiliser comme biocarburant ;

---

<sup>2</sup> Directive 2003/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports. Il convient de noter que la définition de la biomasse retenue par cette directive est large, puisqu'elle inclut la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux, qui ne sont pas des agrossources.

*Environnement du projet*

- le biogaz, gaz combustible produit à partir de la biomasse et/ou de la fraction biodégradable des déchets, purifié jusqu'à obtention d'une qualité équivalente à celle du gaz naturel et utilisé comme biocarburant, ou gaz produit à partir du bois ;
- le biométhanol, méthanol produit à partir de la biomasse, à utiliser comme biocarburant ;
- le biodiméthyléther, diméthyléther produit à partir de la biomasse, utilisé comme biocarburant ;
- le bio-ETBE (éthyl-tertio-butyl-éther), ETBE produit à partir de bioéthanol. Le pourcentage en volume de biocarburant dans le bio-ETBE est de 47 % ;
- le bio-MTBE (méthyl-tertio-butyl-éther), un carburant produit à partir de biométhanol. Le pourcentage en volume de biocarburant dans le bio-MTBE est de 36 % ;
- les **biocarburants synthétiques**, hydrocarbures synthétiques ou mélanges d'hydrocarbures synthétiques produits à partir de la biomasse ;
- le biohydrogène, hydrogène produit à partir de la biomasse et/ou de la fraction biodégradable des déchets et utilisé comme biocarburant ;
- l'huile végétale pure, huile produite à partir de plantes oléagineuses par pression, extraction ou procédés comparables, brute ou raffinée, mais sans modification chimique, dans les cas où son utilisation est compatible avec le type de moteur concerné et les exigences correspondantes en matière d'émissions.

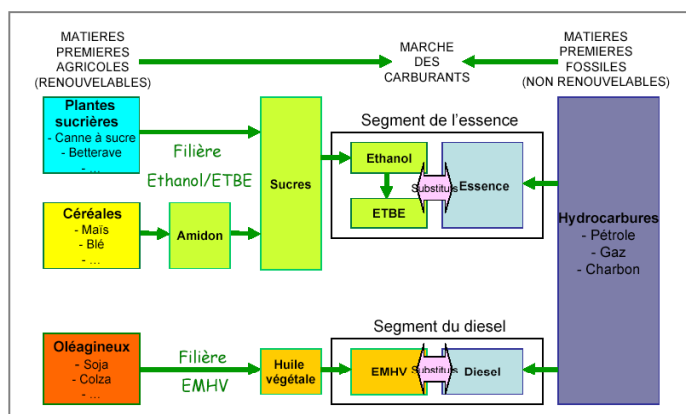
▪ **Coproduits**

Le terme de **coproduit** est entendu ici, en tant que matière générée simultanément au produit principal recherché, dans un processus de production. Par exemple, la paille est un coproduit du grain de blé.

Dans une telle perspective, les coproduits (sous-produits, résidus, déchets, etc.) constituent des « matières premières secondaires ».

## Deux filières principales : l'éthanol et le biodiesel

Le secteur des biocarburants est principalement constitué de deux filières industrielles distinctes, l'éthanol et le biodiesel (voir la **Figure 1**). Ils peuvent être utilisés purs comme au Brésil (éthanol) ou en Allemagne (biodiesel), ou comme additifs mélangés aux carburants classiques. La France a opté pour cette solution.

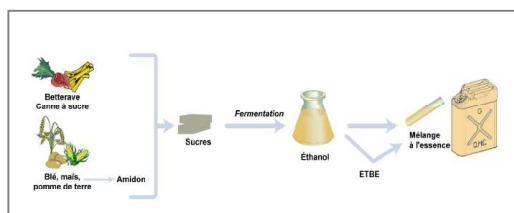


**Figure 1 : Le secteur des biocarburants**

Deux filières distinctes, l'éthanol et le biodiesel, constituent le domaine.

### ▪ Éthanol et ETBE

L'éthanol est le premier biocarburant d'origine végétale à avoir été utilisé. Il s'agit d'un alcool éthylique produit par fermentation de sucre ou hydrolyse de l'amidon, suivie d'une distillation. Il est produit en France à 70 % à partir de la



betterave et à 30 % à partir de céréales (voir encadré). L'éthanol peut

*Environnement du projet*

être utilisé pur ou mélangé en faible proportion (jusqu'à 20 %) dans une essence classique. Dans le premier cas, le moteur doit être adapté à cet usage spécifique (modification du système d'alimentation et taux de compression plus élevé). Dans le second cas, le mélange éthanol-essence est complètement banalisé et interchangeable dans le réseau de distribution avec des produits d'origine strictement pétrolière. Les mélanges éthanol-essence sont moins stables en présence d'eau, plus volatils et parfois plus corrosifs que les produits d'origine exclusivement pétrolière. C'est pourquoi la filière éthanol-carburant s'est orientée préférentiellement vers la production d'**ETBE**, l'éthyl-tertio-butyl-éther, composé à 47 % de bioéthanol et à 53 % d'isobutène. L'isobutène étant un dérivé du pétrole, l'ETBE produit à partir de bioéthanol n'est donc pas 100 % « bio ».

L'éthanol carburant a surtout été développé dans deux pays : le Brésil et les États-Unis. Dans les pays européens, l'éthanol est essentiellement utilisé sous forme d'ETBE. La fixation du niveau des seuils d'incorporation fait l'objet d'une réglementation communautaire ou nationale. La directive européenne 98/70/CE relative à la qualité des carburants autorise l'incorporation directe d'éthanol dans l'essence jusqu'à 5 % et d'ETBE jusqu'à 15 %. La directive 2003/30/CE précise par ailleurs que lorsque la teneur en biocarburant dépasse la valeur de 5 % des mélanges, un étiquetage spécifique est requis aux points de vente.

Les futurs développements de cette filière passeront très certainement par une incorporation directe<sup>3</sup> d'éthanol à l'essence, pour deux raisons principales. La première raison tient au fait qu'il est plus économique d'éviter l'étape de transformation en éther et que la France est proche d'avoir atteint la limite des volumes

---

<sup>3</sup> La France a déjà pris des dispositions dans ce sens en supprimant l'obligation de passer par l'ETBE.

*Environnement du projet*

d'isobutène accessibles, pour réaliser la synthèse d'ETBE dans des conditions économiques acceptables. Le second motif est que l'éthanol, autorisé en mélange à l'essence jusqu'à 5 %, présente un bilan énergétique et gaz à effet de serre nettement plus favorable que l'ETBE.

Toutefois, l'incorporation directe d'éthanol suscite quelques interrogations techniques alors que celle de l'ETBE - sous réserve du respect des pourcentages plafonds - n'en présente pas. La volatilité des essences est accrue par l'incorporation d'éthanol : un mélange contenant 5 % à 10 % de bioéthanol verrait sa volatilité augmenter de 10 %, dépassant alors les normes communautaires actuelles. Une volatilité accrue entraîne une production d'ozone, qui risque d'avoir un effet négatif sur la qualité de l'air, comme dans certains États américains, notamment la Californie. Cet inconvénient majeur pourrait être évité en incorporant l'éthanol à une base d'hydrocarbure moins volatile, obtenue par extraction des composants les plus légers. Envisageable, cette solution entraînerait un surcoût de la production de biocarburant et la nécessité de valoriser les extraits volatils<sup>4</sup>.

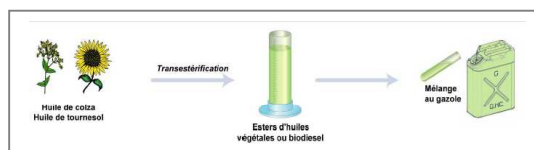
En outre, le mélange constitué par le carburant classique et l'éthanol - hydrophile - doit absolument être tenu à l'abri de l'eau, cette dernière provoquant un phénomène de démixtion susceptible de créer des problèmes de corrosion ou des problèmes de tenue de joints et d'endommager les moteurs. Le réseau de distribution doit donc être rigoureusement sec. Enfin, à de fortes teneurs en éthanol, il est nécessaire d'adapter le véhicule (systèmes d'injection, réglages des moteurs, compatibilité des plastiques et des joints, etc.).

---

<sup>4</sup> Des recherches visent à permettre l'incorporation de ces essences légères dans le pool gazole.

## ▪ Biodiesel

Le **biodiesel**, connu en France sous le nom de marque Diester - contraction de Diesel et ester - déposée par la société Sofiprotéol, est issu des graines oléagineuses (colza, tournesol, etc.). Après pressage et raffinage des graines, l'huile obtenue est mélangée



à du méthanol (voir encadré). Le produit de cette réaction d'estérification est un ester méthylique d'huile végétale (EMHV), dont les propriétés physico-chimiques (viscosité, stabilité, etc.) sont voisines de celles du gazole. Les EMHV sont parfaitement miscibles au gazole et peuvent s'utiliser en mélange en toutes proportions, sans aucune modification des véhicules jusqu'à 30 % d'incorporation. Au delà, les modifications à réaliser demeurent très mineures et certains constructeurs automobiles commercialisent leurs véhicules diesel systématiquement adaptés. Comme dans le cas de l'ETBE, il convient de noter que ce biocarburant n'est pas 100 % « bio » dans la mesure où le méthanol utilisé pour la synthèse d'EMHV est d'origine pétrolière. Sur ce point, des recherches sont en cours - notamment à l'Institut français du pétrole (IFP) - pour produire un ester éthylique d'huile végétale (EEHV), substituant l'éthanol au méthanol dans la fabrication de l'ester. Cette solution 100 % « bio » - élégante mais onéreuse, l'éthanol d'origine agricole étant trois fois plus cher que le méthanol - permet d'introduire de l'éthanol dans le pool gazole.

La directive européenne 98/70/CE autorise l'incorporation de 5 % d'EMHV dans le gazole. En vertu de la directive 2003/30/CE, un étiquetage spécifique est imposé si la teneur en biocarburant dépasse 5 % des mélanges. La France autorise l'adjonction de 5 % de biodiesel dans le gazole (avec la garantie des motoristes) pour une distribution banalisée, ce seuil pouvant être relevé à 30 %, avec des

*Environnement du projet*

déroptions possibles jusqu'à 50 % (sans la garantie de tous les motoristes) pour les véhicules appartenant à des flottes captives directement approvisionnées par des distributeurs de carburant. À cet effet, a été créé l'association « Partenaires diester », qui regroupe une trentaine de collectivités locales alimentant leurs véhicules de transport urbain et de collecte des ordures, ou leurs voitures de service en carburant vert, incluant de 5 à 30 % de biodiesel. En dehors de ces villes, les voitures constituant la flotte diesel de l'Élysée fonctionnent avec du biodiesel. Le groupe Total - par ailleurs assez hostile au développement d'une filière éthanol - a accompagné, voire suscité, ce mouvement en faveur de l'utilisation du biodiesel, en raison d'un déficit de production de gazole et de la part grandissante prise par les motorisations diesel dans le parc automobile français<sup>5</sup>. Au détriment de l'équilibre de sa balance commerciale, la France importe une grande quantité de gazole, alors que la production nationale de supercarburants, largement supérieure à la consommation, donne lieu à des exportations. Cette différence de situation explique que les gouvernements successifs ont longtemps préféré mettre l'accent sur le soutien à la production d'EMHV qui, en se substituant au gazole, contribue à réduire le besoin d'importation. Enfin, sur le plan agronomique, la filière EMHV est défavorisée par rapport à la filière éthanol (betterave, blé), par un plus faible rendement à l'hectare des cultures de colza.

En marge de la filière EMVH existe le segment plus discret des huiles végétales brutes (HVB), issues notamment du tournesol et utilisées dans les moteurs d'engins agricoles ou forestiers. Contrairement au biodiesel, les HVB ne nécessitent aucun processus industriel et peuvent être produites par les agriculteurs eux-mêmes (autonomie d'approvisionnement). Si la filière huile en tant que telle n'est pas viable pour les moteurs diesel classiques, à cause de

---

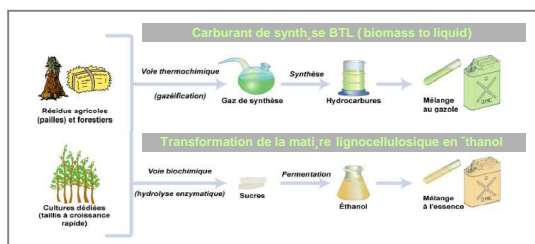
<sup>5</sup> En France, 2/3 des véhicules roulent au diesel, contre 40 % en Europe.

*Environnement du projet*

paramètres techniques défavorables (forte viscosité, risques de dépôts, indice de cétane faible, mauvaises caractéristiques à froid, etc), il convient de noter qu'en Allemagne, des expérimentations sont en cours sur des diesels de nouvelles génération, roulant à l'HVB de colza. Ce carburant est déjà distribué dans plus de 100 points de ravitaillement et des sociétés du secteur automobile sont spécialisées dans la modification des véhicules (modification des injecteurs et de la pompe à injection, préchauffage du carburant, ajout d'un second réservoir permettant de démarrer au gazole et de rouler à l'HVB, etc.).

### ***Une filière émergente : les biocarburants ligno-cellulosiques***

Encore au stade de la recherche, une nouvelle famille de biocarburants (biocarburants de deuxième génération) est actuellement en train de voir le jour. Il s'agit de carburants obtenus par la conversion de matières **ligno-cellulosiques**<sup>6</sup> telles que les résidus agricoles (pailles, etc.) et forestiers (bois, etc.) ou des cultures dédiées (taillis à croissance rapide, etc.). Ces biocarburants de deuxième génération (voir encadré) peuvent être générés à partir de la totalité de la biomasse végétale selon deux voies<sup>7</sup> :



- la **voie thermochimique**, qui conduit à la production de gazole de synthèse ;
- la **voie biochimique**, qui aboutit à la synthèse de bioéthanol.

<sup>6</sup> La lignine et la cellulose sont les principales composantes de la biomasse d'origine végétale.

<sup>7</sup> Ces deux voies permettent également de produire, si nécessaire, de l'hydrogène

*Environnement du projet*

Comme la consommation de gazole croît fortement en Europe, c'est surtout à la voie thermochimique que se consacre la recherche européenne. À l'inverse, en Amérique du Nord (États-Unis, Canada), les chercheurs explorent essentiellement la voie biochimique. Le faible coût de la matière première, l'absence de compétition avec la filière alimentaire, la quasi absence de coproduits générés, ainsi que l'importance des quantités disponibles pourraient, selon l'IFP, permettre à ces nouvelles filières de couvrir jusqu'à 10 % des besoins des transports routiers dans l'Union européenne en 2020.

▪ **La voie thermochimique**

La conversion de la ligno-cellulose par cette voie (encore appelée « voie sèche »), conduit à la production de biogazole qui se mélange au gazole. La biomasse est d'abord portée à une température voisine de 1000 °C et subit une gazéification<sup>8</sup> caractérisée par la production de gaz de synthèse, un mélange de monoxyde de carbone (CO), de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et d'hydrogène (H<sub>2</sub>). Ce gaz de synthèse est purifié pour en extraire les composés chlorés, soufrés, ainsi que les goudrons, puis admis dans un réacteur pour la synthèse de carburants liquides (méthanol, différents alcools, hydrocarbures, etc.) par le procédé Fischer-Tropsch. Mis au point dans les années 1920, ce procédé est déjà utilisé à grande échelle pour produire des carburants synthétiques (essence ou gazole) à partir de gaz naturel ou de charbon. Les carburants liquides issus de ce procédé, connus sous le sigle BTL (*biomass to liquid*), peuvent être utilisés purs ou en mélange dans les gazoles actuels. En principe prévus pour les transports de surface, ces carburants liquides sont également utilisables par les avions.

---

<sup>8</sup> D'autres méthodes, comme le procédé HTU (*hydrothermal upgrading*) ou la pyrolyse, sont apparentées à cette voie de transformation.

- **La voie biochimique**

La transformation par voie biochimique - ou « voie humide » - de la biomasse conduit, par hydrolyse enzymatique de la cellulose, à la « libération » des sucres constitutifs qui, par fermentation, produiront de l'éthanol et de la lignine. Ce dernier constituant peut être transformé en biocarburants par la voie thermochimique. Cette voie de transformation est proche de celle actuellement suivie pour l'obtention de bioéthanol à partir de céréales ou de betteraves mais son rendement serait considérablement amélioré par l'utilisation d'enzymes cellulolytiques (pour convertir la cellulose en sucres), ainsi que de souches de levures appropriées (pour optimiser la fermentation éthanolique).

### ***Le cadre législatif et politique***

- **Le contexte européen**

Depuis le début des années 1990, le développement des biocarburants en Europe s'est inscrit dans un cadre réglementaire précis. Les premières mesures datent de 1992 avec un volet de la Politique agricole commune (Pac), qui donnait la possibilité aux États membres de pratiquer des cultures non alimentaires sur des terres en jachère et de défiscaliser les biocarburants dans le respect de la concurrence.

L'union européenne est passée, en quelques années, de déclarations de principes favorables aux biocarburants à la fixation d'objectifs d'incorporation et à l'autorisation de mesures fiscales dérogatoires pour les atteindre. Ainsi, deux directives importantes et complémentaires sont récemment venues modifier le dispositif réglementaire encadrant les biocarburants.

*Environnement du projet*

Il s'agit d'une part de la **Directive 2003/30/CE** du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003 visant à **promouvoir l'utilisation de biocarburants** ou autres carburants renouvelables dans les transports, qui fixe notamment aux États membres des objectifs de référence pour la consommation de biocarburants. Selon l'article 3 de la directive, la part de ces carburants renouvelables doit au minimum atteindre 2 % de la quantité totale - exprimée en contenu énergétique - d'essence ou de gazole routiers, au plus tard le 31 décembre 2005. Cette valeur est portée à 5,75 % le 31 décembre 2010 au plus tard. Pour l'heure, en France, la proportion de biocarburants servis à la pompe est voisine de 1 %. Ces objectifs, qui représentent une multiplication par 20 de la production actuelle au niveau de l'Union européenne, sont indicatifs et non obligatoires. Les États devront toutefois informer la Commission européenne des mesures prises pour les atteindre et, le cas échéant, justifier tout manquement au règlement.

L'autre texte majeur est la **Directive 2003/96/CE** du Conseil du 27 octobre 2003 restructurant le cadre communautaire de taxation des produits énergétiques et de l'électricité, qui autorise les États membres à **détaxer les biocarburants**. L'article 16 de cette directive - qui modifie la Directive 92/81/CE - accorde aux États membres la possibilité d'appliquer un taux d'accises réduit sur les produits qui contiennent des biocarburants et sur les biocarburants. Cette mesure vise à rendre les biocarburants plus compétitifs face aux carburants fossiles. Le contexte fiscal reste toutefois du domaine de chaque pays. À titre d'exemple, l'Allemagne, l'Italie et l'Autriche ont opté pour une exonération complète de la taxe intérieure de consommation qui s'applique aux carburants fossiles, alors que d'autres pays - dont la France - tablent sur une défiscalisation partielle.

*Environnement du projet*

L'Union européenne soutient activement la recherche sur les biocarburants et le programme cadre de recherche et développement (PCRD) en est le principal instrument communautaire de financement. À cet égard, le 6<sup>e</sup> PCRD, qui couvre la période 2002-2006, a retenu, dans la priorité thématique n° 6 « Développement durable, changement planétaire et écosystèmes », la recherche de « Systèmes énergétiques durables », couvrant notamment la thématique des biocarburants.

Récemment, dans un communiqué datant du 29 novembre 2004, le Conseil de l'Union européenne a donné le feu vert au plan d'action pour la biomasse, en préparation par la Commission européenne et qui devra mettre l'accent sur la recherche. Les ministres ont demandé que le plan s'appuie sur des données scientifiques et sur l'expérience commerciale, et qu'il inclue une analyse du potentiel de la biomasse dans trois secteurs : l'électricité, le chauffage et le refroidissement, et les transports. Le soutien financier<sup>9</sup> ne devrait toutefois pas se limiter à la recherche et les conclusions du Conseil demandent également que « toute l'attention nécessaire » soit accordée à « la nécessité de combler le fossé séparant les phases de démonstration et de marché des technologies renouvelables ».

▪ **Un plan français en faveur des biocarburants**

En se rendant, le 7 septembre 2004, sur le site industriel de Diester Industrie à Venette près de Compiègne (Oise), le Premier ministre Jean-Pierre Raffarin a annoncé la préparation d'un **plan français de développement des biocarburants**. Dans son discours, le Premier ministre a déclaré vouloir quitter « le domaine des initiatives pionnières » pour se diriger vers une autre « époque qui est celle de

---

<sup>9</sup> Hormis le 7<sup>e</sup> PCRD, les sources potentielles de financement sont le Fonds européen de développement régional (Feder), le Fonds de cohésion et le prochain programme « Énergie intelligente - Europe » (Décision n° 1230/2003/CE du Parlement européen et du Conseil du 26 juin 2003 arrétant un programme pluriannuel pour des actions dans le domaine de l'énergie).

*Environnement du projet*

l'ambition nationale ». Concrètement, le Gouvernement entend tripler<sup>10</sup> d'ici à 2007 la production française de biocarburants, multipliant aussi par trois la surface agricole occupée par les biocarburants en la portant à environ un million d'hectares. Jean-Pierre Raffarin envisage la construction de quatre usines de nouvelle génération produisant chacune 200 000 tonnes par an. En matière d'emplois créés, le chiffre annoncé par le Premier ministre est de 6000 emplois pour les trois ans qui viennent. Le ministre de l'Agriculture est chargé de coordonner la mise en place de ce plan et d'engager les modalités de mise en œuvre, en concertation avec la profession agricole, les groupe pétroliers et les acteurs industriels. Les propositions du ministre de l'Agriculture, initialement attendues avant la fin de l'année 2004<sup>11</sup>, comportent notamment une répartition entre la filière éthanol et la filière oléoprotéagineuse. Le plan devrait également avancer des initiatives en matière de recherche sur la biomasse, visant à une valorisation poussée de la matière végétale. Les différentes mesures prévues par le plan seront mises en œuvre par une procédure d'appels d'offres lancés et dépouillés avant le printemps 2005 et les premières unités seront opérationnelles en 2007.

Par ailleurs, le 14 octobre 2004, le ministre délégué à l'Industrie a annoncé, lors de la séance de questions au Sénat, que l'État consacrera chaque année 200 millions d'euros au développement des biocarburants, sous la forme d'un soutien fiscal.

---

<sup>10</sup> La production nationale devrait ainsi passer d'environ 450 000 tonnes par an - 350 000 de biodiesel et 100 000 de bioéthanol - à 1,25 million de tonnes en 2007 pour l'ensemble des deux filières.

<sup>11</sup> Communication du 2 février 2005 : le gouvernement va agréer la production supplémentaire de 800 000 tonnes de biocarburants d'ici à 2007, dont 60 % dans la filière biodiesel et 40 % dans la filière éthanol. Ces nouveaux contingents s'ajouteront aux agréments fiscaux actuels. Dès 2005, le bioéthanol bénéficiera du doublement des agréments actuels, avec 100 000 tonnes supplémentaires, tandis que pour le biodiesel les agréments seront de 30 000 tonnes. L'État lancera une seconde étape après 2007 pour se conformer à l'objectif d'incorporation de 5,75 % de biocarburants dans les moteurs en 2010.

### ***Les atouts des biocarburants***

Bien qu'il existe un certain nombre de freins<sup>12</sup> propre à ralentir le développement des biocarburants, les carburants verts sont dotés d'indéniables atouts, qu'il s'agisse de la **sécurité des approvisionnements** et de l'**indépendance énergétique**, des **effets bénéfiques sur l'environnement**, des **impacts positifs sur le monde agricole et la sphère industrielle** ou, enfin, de **caractéristiques techniques** liées au fonctionnement des moteurs.

Par ailleurs, les externalités économiques des filières biocarburants ont été dernièrement remises à jour par deux études effectuées par PricewaterhouseCoopers pour les esters de colza et pour l'éthanol de betterave. Prenant en compte les externalités environnementales, l'indépendance énergétique, la valorisation de l'emploi et les recettes fiscales, les bilans sur ces deux filières montrent que les recettes sont globalement équivalentes à la réduction fiscale consentie au titre de la Taxe intérieure de consommation<sup>13</sup> (TIC). À titre d'exemple, la filière ester restitue 90 % de l'exonération de TIC et la filière éthanol de betterave procure autant de recettes que l'essence avec 5 critères pris en compte : l'effet de serre valorisé avec un seuil bas du CO<sub>2</sub>, l'indépendance énergétique, l'emploi, les revenus fiscaux (hors TIC) et la TIC.

---

<sup>12</sup> De différentes natures (intérêts divergents entre agriculteurs et pétroliers, coûts de production élevés entraînant un manque de compétitivité face aux carburants fossiles, fiscalité encore inadaptée et non évolutive, réglementation en matière d'installations classées Seveso, etc.), ces freins devraient pouvoir être progressivement levés.

<sup>13</sup> Nom donné à la Taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP) depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2004.

▪ **Sécurité des approvisionnements et indépendance énergétique**

Très consommateur d'énergie, le secteur du transport dépend aujourd'hui quasi exclusivement de combustibles fossiles, importés pour la plupart de zones géopolitiquement sensibles. Compte tenu des prévisions de croissance du transport routier pour les 10 prochaines années (+ 38 % pour le transport marchandises, + 19 % pour le transport voyageurs en Europe, selon des études réalisées par la Direction générale Énergie Transports de la Commission européenne (DG TREN), la dépendance de la France vis-à-vis des importations risque de s'accroître dangereusement à l'avenir. Les biocarburants constituent une parade simple et efficace pour **sécuriser les approvisionnements** et aussi accroître **l'indépendance énergétique** pour deux raisons :

- ils proviennent de la biomasse et leur approvisionnement est assuré chaque année par les nouvelles récoltes ;
- ils sont issus du sol national, à prix maîtrisable, et même si leur production se développait rapidement dans les années qui viennent, les terres agricoles disponibles suffiraient à couvrir jusqu'à 10 % de la consommation des carburants.

En 2003, la facture pétrolière de la France représentait 18 milliards d'euros pour 85 millions de tonnes de pétrole brut importées. Sur le papier, l'objectif de 2 % de biocarburants en 2005 et de 5,75 % en 2010 permettrait d'économiser 360 millions d'euros dès 2005 et près de 1 milliard d'euros à la fin de la décennie<sup>14</sup>. En 2005, si les objectifs de l'Union européenne étaient atteints, ce sont plus de 2 millions de tonnes de pétrole importé qui pourraient être économisées.

<sup>14</sup> À l'horizon 2010, le marché européen des biocarburants pèsera 11 millions de tonnes, pour un chiffre d'affaires estimé à 7,5 milliards d'euros.

*Environnement du projet*

Les biocarburants sont actuellement environ deux à trois fois plus coûteux à produire que les carburants classiques. Selon l'Union française des industries pétrolières (Ufip), les carburants verts ne deviendraient compétitifs face aux produits pétroliers que pour un prix du pétrole brut autour de 80 dollars par baril. Une étude de PricewaterhouseCoopers situe de manière plus optimiste à 45 dollars le baril le point d'équilibre des biocarburants.

L'amélioration de la sécurité d'approvisionnement constitue, avec l'effet bénéfique sur les changements climatiques, le principal avantage d'une utilisation accrue des biocarburants pour les transports terrestres.

▪ **Effets bénéfiques sur l'environnement**

Au regard des avancées réalisées par les motoristes en matière de pollution (pots catalytiques, filtres à particules, etc.), il est admis que les biocarburants ne diminuent pas les pollutions locales de manière significative, même si le bilan environnemental au niveau du pot d'échappement est globalement positif (qualité de l'air). Les biocarburants contiennent de l'oxygène, qui assure une meilleure combustion et, par conséquent, diminue le rejet d'hydrocarbures imbrûlés. Par ailleurs, les EMHV et les BTL sont dépourvus de soufre et de composés aromatiques.

Le gain environnemental le plus net se situe au niveau de la **réduction des émissions de gaz à effet de serre**, principalement du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), qui contribue à l'effet de serre et au réchauffement de la planète<sup>15</sup>. Dans le cadre du Protocole de Kyoto, la France a souscrit un objectif de réduction de 8 % de ses émissions

---

<sup>15</sup> Le transport routier est responsable de 30 % des émissions de CO<sub>2</sub>, une proportion qui croît régulièrement. Selon le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa), le CO<sub>2</sub> est responsable à près de 70 % de l'effet de serre, devant le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et le méthane(CH<sub>4</sub>).

*Environnement du projet*

de gaz à effet de serre d'ici à 2008-2012 par rapport à leur niveau de 1990. L'ampleur du réchauffement climatique ne sera réellement limitée que si les émissions de ces gaz sont réduites de 75 % d'ici 2050. Avec les biocarburants, le rejet de CO<sub>2</sub> est nul : au cours de leur croissance, les végétaux absorbent lors de la photosynthèse le CO<sub>2</sub> qui sera ultérieurement rejeté par la combustion des carburants verts. À supposer que l'objectif des 5,75 % soit atteint en 2010, le rejet dans l'atmosphère de près de 6 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> serait évité.

Une étude<sup>16</sup> réalisée par PrincewaterhouseCoopers, pour le compte de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) et de la Direction des ressources énergétiques et minérales (Direm) du ministère chargé de l'Industrie, montre que le gain « effet de serre » attendu des biocarburants - dans le cas où ceux-ci sont utilisés purs - par rapports aux carburants traditionnels est de l'ordre de 60 % (éthanol) à 70 % (biodiesel de colza), compte tenu de l'ensemble du cycle, allant de la production des matières premières jusqu'à la combustion des produits finaux (méthode d'analyse de cycle de vie). Précisément, cette étude a mis en évidence qu'une tonne de biodiesel permet une économie de 2,5 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par rapport au gazole et qu'une tonne d'éthanol, une économie de 2,7 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par rapport à l'essence. La contribution des biocarburants à la diminution des émissions de gaz à effet de serre devrait être sensiblement améliorée par la transformation de la biomasse ligno-cellulosique.

Selon l'étude précitée, les biocarburants offrent un **meilleur bilan énergétique** - rapport entre l'énergie restituée et l'énergie non

---

<sup>16</sup> Bilan énergétique et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France, réalisée en 2002.

*Environnement du projet*

renouvelable mobilisée - que les carburants fossiles<sup>17</sup>. Le rendement énergétique pour les filières de production d'éthanol de blé et de betterave est égal à 2,05 (contre 0,87 avec l'essence et seulement 1,02 avec l'ETBE). L'évolution des techniques devrait porter ce bilan énergétique jusqu'à 3,5, alors que les marges de progression sont inexistantes pour l'essence. Le plus grand intérêt de l'éthanol incorporé directement par rapport à l'ETBE apparaît évident à la lecture du bilan énergétique. Pour le biodiesel, le rendement est d'environ 3 (contre 0,92 avec le gazole). Les huiles végétales brutes ont un rendement encore plus élevé : 4,7 pour l'huile de colza et 5,5 pour l'huile de tournesol. S'agissant de la méthodologie mise en œuvre, ces évaluations intègrent toutes les dépenses énergétiques des filières, allant du « puits à la roue » pour les carburants fossiles et du « champ à la roue » pour les biocarburants. L'étude conduite par PricewaterhouseCoopers a également porté sur un scénario prospectif en 2009, qui fait apparaître des gains très appréciables de CO<sub>2</sub> pour la filière éthanol, dont l'écobilan à cet horizon serait comparable à celui de la filière biodiesel, soit près de 75 % de réduction de CO<sub>2</sub>. Des gains essentiellement dûs à des progrès technologiques, aux étapes de la production et de la transformation industrielle des agroressources, se traduisant par des économies dans l'utilisation des énergies non renouvelables.

▪ **Impacts positifs sur les sphères agricole et industrielle**

Outre qu'ils jouissent d'une forte acceptabilité sociale, les biocarburants sont porteurs d'avenir au regard des **emplois créés** pour accompagner leur développement. Ainsi, selon PricewaterhouseCoopers, la filière de production d'ester d'huile végétale substitué à du gazole importé est créatrice nette d'emplois estimés à 10,5 emplois pour 1000 tonnes d'ester. En 2003, 3780

<sup>17</sup> Plus le bilan énergétique est positif, plus le bilan écologique - au regard des émissions de gaz carbonique - est lui-même positif.

*Environnement du projet*

emplois nets ont été créés ou maintenus au bénéfice de cette filière. La filière éthanol de betterave est créatrice nette d'emplois estimés à 6,1 emplois pour 1000 tonnes d'éthanol, soit globalement 472 emplois en 2003. Le même exercice est en cours pour la filière éthanol de blé. Le gain net total d'emplois en 2003 est de 4252, répartis sur l'ensemble du territoire. Les perspectives en 2010 pourraient dépasser le chiffre de 25 000 emplois. Dans l'ensemble de l'Union européenne, une production de biocarburants fournissant 2 % des besoins - comme prévu - dès 2005 - devrait créer entre 90 000 et 150 000 emplois, selon la Commission européenne. À titre de comparaison, 1000 tonnes d'essence peuvent être produites avec 0,08 emploi : les biocarburants sont donc plus intensifs en main-d'œuvre - notamment en zone rurale - que les carburants issus du pétrole.

Les biocarburants apportent également une contribution à l'**aménagement du territoire** national en développant l'activité en milieu rural. L'effet territorial des filières des biocarburants est marqué en termes agricoles par les surfaces utilisées, soit en 2003 par près de 350 000 hectares avec les exportations, dont l'essentiel par les oléagineux répartis sur une large zone de production, et en terme d'aménagement du territoire par le maintien des activités agricoles, ainsi que les activités en aval et en amont par la création de plusieurs unités industrielles de transformation (unités d'estérification associées à la trituration, distilleries d'éthanol, unités de production d'ETBE). La maîtrise industrielle (actuellement bonne) des filières classiques et une meilleure maîtrise des filières ligno-cellulosiques contribueraient véritablement à la compétitivité des entreprises françaises de ce domaine.

La plupart de ces activités sont localisées en zones rurales. Dans le cadre de la Pac actuelle, les cultures énergétiques permettent une valorisation non négligeable de terres qui seraient en jachère obligatoire pour une grande partie. À cet égard, les filières biocarburants ne pourront prendre leur essor en Europe que si - entre autres prérequis - le développement des cultures agricoles à vocation non alimentaire trouve un cadre pérenne dans la Pac.

#### ▪ Performances techniques

Doté d'un contenu énergétique plus faible que leurs homologues fossiles<sup>18</sup>, les biocarburants apportent cependant de réels avantages techniques. En premier lieu, l'incorporation de biocarburants à l'essence et au gazole enrichit le carburant en oxygène, ce qui permet d'améliorer l'**efficacité de la combustion** dans les moteurs. De plus, l'éthanol et l'ETBE présentent un **indice d'octane**<sup>19</sup> favorable, ce qui permet une réduction de la consommation des véhicules. Enfin, les EMHV ont un **indice de cétane**<sup>20</sup> élevé et possèdent un bon pouvoir lubrifiant. Les BTL sont également des gazoles à haut indice de cétane.

---

<sup>18</sup> Le rendement énergétique des biocarburants est inférieur à celui du pétrole : le rendement du biodiesel représente 94 % de celui du gazole et le rendement de l'éthanol est égal à 65 % de celui de l'essence.

<sup>19</sup> L'indice d'octane mesure la résistance à l'auto-inflammation du carburant.

<sup>20</sup> L'indice de cétane mesure la rapidité d'inflammation du carburant (à l'inverse de l'essence, le gazole requiert un indice de cétane élevé).

## ***La valorisation économique des coproduits***

Le principal obstacle au développement des biocarburants est leur coût de production<sup>21</sup>, deux à trois fois supérieur à celui des carburants d'origine fossile auxquels ils peuvent être incorporés. Au regard de ces coûts de production, un levier indispensable pour le développement de ce secteur est la **création de valeur ajoutée** à partir des coproduits.

### ▪ **Typologie des coproduits**

Les différentes matières et substances issues de la plante à la récolte ou générées au cours des différents procédés de transformation sont nombreuses et dépendent de la culture considérée. Ainsi, pour les céréales, on trouve les drêches de distilleries, les pailles, les rafles, le gaz carbonique, etc. S'agissant de la betterave, il y a les pulpes, les mélasses et les vinasses. Enfin, les coproduits issus des oléagineux comptent la glycérine, les tourteaux, ou encore les sels de potassium. Ces **composés majoritaires** sont généralement associés à une faible valeur ajoutée.

Il existe par ailleurs une grande variété de **composés minoritaires**, générés en quantités moindres et spécifiques à chaque filière, à l'origine d'une plus grande valeur ajoutée. Ils s'agit notamment des protéines et des acides aminés, des fibres, des enzymes et inhibiteurs d'enzymes, des vitamines, des polysaccharides, des huiles, des pigments, des phytates et dérivés, etc., autant de composés biochimiques déjà présents dans la plante récoltée ou générés au cours de sa transformation en biocarburant. L'étude et la caractérisation des coproduits minoritaires est un domaine qui fait l'objet de recherches très actives.

---

<sup>21</sup> Selon l'IFP, l'éthanol coûte 0,38 euros par litre (€/L) ou 18 euros par gigajoule (€/GJ) et les EMVH, 0,35 €/L ou 10,5 €/GJ. Le coût des carburants pétroliers est de 0,21 €/L ou 6 €/GJ, pour un prix du pétrole brut égal à 25 dollars le baril.

- **Différentes voies de réemploi**

De façon générale, il existe deux modes de réemploi des coproduits : la **valorisation énergétique** et la **valorisation matière**.

Dans la première voie, les coproduits peuvent être valorisés sous la forme de **biocarburants** ou de **biocombustibles**. Ainsi, la glycérine, coproduit majeur de la fabrication des EMHV<sup>22</sup>, pourrait être transformée pour la rendre incorporable au pool gazole et en faire un authentique biocarburant. Des recherches sont conduites dans ce sens à l'IFP pour tenter de trouver un nouveau débouché à ce coproduit<sup>23</sup> habituellement utilisé dans le marché - saturé - de l'industrie de la cosmétique, de la pharmacie et des savons. Par ailleurs, il est possible de traiter la biomasse résiduelle des procédés de production de biocarburants pour fabriquer de l'éthanol carburant. Enfin, les résidus organiques (coproduits) générés au cours de la production de biocarburants peuvent servir de substrats dans la voie thermochimique de la filière ligno-cellulosique. Quant à la valorisation sous forme de biocombustibles, il s'agit de produire de la chaleur, de l'électricité, ou les deux à la fois (cogénération) par la combustion de la biomasse. Les biocombustibles peuvent être traités de multiples façons : par combustion, distillation, gazéification, fermentation ou pyrolyse.

---

<sup>22</sup> La production d'EMHV s'accompagne de la production simultanée de glycérine à raison de 10 % en masse de la quantité d'ester produit : 1 tonne d'huile + 100 de méthanol donnent 1 tonne d'ester + 100 kg de glycérine.

<sup>23</sup> L'IFP a mis au point le procédé « Esterfip-H », une nouvelle méthode de production d'esters d'huiles, basé sur une réaction chimique de catalyse hétérogène, qui se caractérise notamment par l'obtention d'une glycérine de haute qualité et de rendements améliorés et par la possibilité de produire des esters éthyliques EEHV. Ce procédé sera utilisé par Diester Industrie sur son site de Sète (procédé commercialisé par Axens).

*Environnement du projet*

Mais c'est surtout par la valorisation matière sous forme de **biomolécules** ou de **biomatériaux** que les coproduits peuvent être avantageusement réemployés. Ainsi, la « chimie verte », une approche nouvelle pour produire, par des méthodes peu dangereuses, des substances intrinsèquement sûres à partir de ressources renouvelables, possède des débouchés considérables dans des domaines aussi divers que l'alimentation animale, la nutrition humaine, la fabrications d'intrants pour l'agriculture raisonnée, l'utilisation de précurseurs et intermédiaires pour la chimie, la fabrication de matières plastiques<sup>24</sup>, la pharmacie ou la cosmétique, la fabrication de tensioactifs et d'émulsifiants, de lubrifiants ou de solvants, les séquestrants et agents de blanchiment, etc.

Concernant les biomatériaux, il s'agit par exemple de matériaux de construction et d'isolation, de textiles techniques, de substrats de culture, d'utilisations dans les industries des papiers et cartons, du traitement de surfaces et des composés abrasifs, de systèmes de filtration, de litières pour animaux, de techniques de l'environnement comme le traitement de l'eau, etc.

Enfin, il convient de noter que, dans le cadre de la production de biocarburants, la meilleure façon d'éliminer les coproduits est de ne pas en générer. À cet égard, la filière ligno-cellulosique est particulièrement intéressante dans la mesure où la production de coproduits est quasi nulle. Au niveau des procédés, on parle « d'économie d'atomes » : il s'agit de faire en sorte qu'un maximum d'atomes entrants - les réactifs - ressortent sous la forme du produit voulu et non de coproduits<sup>25</sup>.

---

<sup>24</sup> Pour l'anecdote, en septembre 2003, Mitsui Chemicals, Cargill Dow LLC et Sanyo ont sorti le premier disque CD basé sur un bioplastique - un polylactate - pour lequel 85 grains de maïs suffisent pour faire un disque. De même, DuPont produira bientôt un polyester - le Sorona - à partir de 1,3-propanediol d'origine biologique.

<sup>25</sup> Ce principe est également applicable à la chimie verte.

## ***Le contexte régional***

### ▪ **Les forces de la région Centre**

Outre la présence d'importantes **ressources agricoles et forestières** ainsi que la production effective de biocarburants, la région Centre est pourvue de professionnels du monde agricole (agriculteurs, coopératives, transformateurs tels que les distilleries ou sucreries, etc.) qui sont mobilisés autour de la thématique des biocarburants. Récemment, des coopératives (Tereos<sup>26</sup>, Cristal Union) ont certes choisi de s'impliquer en dehors de la région dans des projets de création de nouvelles unités de production mais ces structures demeurent, dans une perspective à long terme, des partenaires potentiels pour des projets futurs conduits en région Centre.

Par ailleurs, la région est dotée d'un **potentiel de recherche** pouvant constituer un socle pour un futur développement de la filière. Ainsi en est-il du Laboratoire de combustion et systèmes réactifs<sup>27</sup> (LCSR) et du Centre de recherches sur les matériaux à haute température (CRMHT), deux laboratoires du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) basés à Orléans. En matière de motorisation, le Laboratoire de mécanique et énergétique (LME) de Polytech'Orléans, notamment son groupe de recherche « Moteurs à combustion interne », est un atout incontestable pour la région. S'agissant de nouveaux matériaux, le centre du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) Le Ripault, pôle de compétences sur l'étude et la conception de nouveaux matériaux situé à 15 km de Tours, rassemble les métiers et compétences scientifiques et techniques pour la mise au point de nouveaux matériaux, depuis leur conception jusqu'à leur fabrication et leur caractérisation.

---

<sup>26</sup> Pour alimenter le site de Lillebonne, Tereos s'est assuré le concours de deux coopératives régionales Épis-Centre (sud de la région Centre) et Agralys (Châteaudun).

<sup>27</sup> Le LCSR est membre de la fédération de recherche Epee (Énergétique, Propulsion, Espace, Environnement), qui compte quatre autres laboratoires.

*Environnement du projet*

Concernant le végétal, l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) d'Orléans, avec son Unité de recherche, « Amélioration, génétique, physiologie forestière » et son Unité expérimentale « Amélioration des arbres forestiers », peut certainement servir d'appui à des recherches sur la biomasse. Ceci est également vrai pour le Cemagref de Nogent-sur-Vernisson, qui mène des recherches sur les écosystèmes forestiers, suivant trois thématiques : « Biodiversité et gestion des forêts de plaine », « Gestion du patrimoine génétique forestier », et « Modélisation de la croissance et sylviculture des forêts de plaine ». À l'Institut de recherche pour le développement (IRD) d'Orléans, l'unité « Connaissance et valorisation de la biodiversité végétale tropicale » s'intéresse notamment à la chimie des produits naturels. Enfin, le Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains (Cetiom), organisme technique de recherche et de développement au service des productions oléagineuses françaises (colza, tournesol, soja et lin), possède un laboratoire d'analyses installé à Ardon (Loiret), accrédité par le Comité français d'accréditation (Cofrac).

S'agissant de la **formation**, outre l'école d'ingénieur Polytech'Orléans citée plus haut, l'Université d'Orléans et l'Université François Rabelais (Tours) constituent de solides fondations pour dispenser un enseignement supérieur de qualité en relation avec le domaine des biocarburants.

Du côté des **industriels**, des équipementiers du secteur automobile<sup>28</sup> (Delphi Diesel System à Blois dans le Loir-et-Cher, Mécachrome à Aubigny sur Nère dans le Cher, etc.) ou celui des matériels agricoles

---

<sup>28</sup> Selon une étude réalisée en 2004 par les six CCI du Centre à la demande de la région, la filière automobile en région Centre est la 1<sup>ère</sup> activité industrielle avec près de 42 000 emplois pour environ 340 entreprises. Ce secteur industriel est essentiellement constitué de fournisseurs et de sous-traitants en cascade, avec des fournisseurs de rang 1 (intégrateurs, équipementiers), de rang 2 (machines spéciales, outillages, moules) ou 3 (pièces et modules travaillés à façon, usinage, traitement de surfaces, etc.). Deux secteurs y sont prépondérants, la mécanique et la métallurgie, le caoutchouc et la plasturgie.

*Environnement du projet*

(John Deere à Saran dans le Loiret, etc.), des opérateurs énergétiques (Gaz de France, etc.) constituent autant de forces vives pouvant contribuer au développement des biocarburants en région Centre<sup>29</sup>. Par ailleurs, la région Centre, première région française productrice de médicaments, occupe le deuxième rang national dans le secteur de la cosmétique et des grands noms des industries pharmaceutique, cosmétique ou de la parfumerie y sont présents (Dior, Gemey, Servier, Caudalie Shisheido, Novartis, etc.).

▪ **Des handicaps à surmonter**

Malgré des atouts indéniables, la région Centre souffre actuellement de ne pas être en mesure de valoriser autant qu'elle le souhaiterait la biomasse produite par l'agriculture ou la forêt : **offre industrielle** insuffisamment développée, **efforts de recherche** dispersés, absence de **formations spécifiques**, difficultés à **réunir des financements** ou à **fédérer des acteurs**, **retard** pris par rapport à d'autres régions françaises sont autant de handicaps que la région Centre doit surmonter, afin qu'elle puisse bénéficier de toute la valeur ajoutée créée à partir de la transformation des agroressources.

---

<sup>29</sup> Parallèlement à cette étude, un travail mené par l'Agence régionale pour l'innovation et le transfert de technologie (Aritt) vise à identifier les entreprises régionales potentiellement concernées par le thème des biocarburants.

Chap. 0 : Introduction  
Chap. 1 : Environnement du projet  
Chap. 2 : **Étalonnage des pôles existants et meilleures pratiques C**  
Chap. 3 : Propositions de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques  
Chap. 4 : Opportunités de développement exogène  
Chap. 5 : Nouvelles voies de recherche sur les coproduits  
Annexe : Produits chimiques à haute valeur ajoutée issus de la biomasse



## **Chap. 2 : Étalonnage des pôles existants et meilleures pratiques**

Au début des années 1990, la France avait été le premier pays européen à créer deux filières de production de biocarburants (éthanol et diester). L'Hexagone marque le pas depuis quatre ans, aujourd'hui dépassé par l'Espagne et la Pologne, et le sera bientôt par l'Allemagne, pour la production d'éthanol. La France est également distancée par l'Allemagne pour la production de biodiesel.

S'agissant du lancement des filières biocarburants, les États-Unis et le Brésil bénéficient d'une antériorité de près de vingt ans par rapport à l'Union européenne. Après le premier choc pétrolier de 1974, ces deux pays ont ainsi débuté la production d'éthanol-carburant, à partir du maïs pour les États-Unis et de la canne à sucre pour le Brésil, dans le but de réduire leur dépendance vis-à-vis du pétrole.

## ***La production des biocarburants***

### ▪ **La filière biodiesel**

La **production mondiale** de biodiesel dépasse 1,6 million de tonnes. Dans la seule Union européenne (Union européenne non élargie - E.U.<sub>15</sub>), la part du biodiesel (1 434 000 tonnes) représente plus de 80 % de la production combinée des deux principales filières (éthanol et biodiesel), soit 1 743 500 tonnes en 2003. Ce chiffre est en progression de plus de 25 % par rapport à l'année 2002.

L'**Union européenne** est la principale région du monde à avoir développé une filière biodiesel. Huit pays dans l'Europe des Quinze disposent de capacités de production auxquels il convient désormais d'ajouter la République tchèque, seul producteur de biodiesel parmi les 10 nouveaux pays membres. En Europe, les capacités totales des usines sont largement supérieures aux chiffres de production (voir la **Figure 2**) et devraient permettre - en partie - de répondre aux exigences de la directive européenne pour 2005 et pour 2010.

Pays	2003 (en tonnes)	2004 (en tonnes)	
Allemagne	1 025 000	1 088 000	
France	500 000	502 000	
Italie	420 000	419 000	
Autriche	50 000	100 000	
Espagne	0	70 000	
Danemark	40 000	44 000	
Royaume-Uni	5 000	15 000	<i>Calcul fait sur la base de 330 jours</i>
Suède	8 000	8 000	<i>d'activité par an. Les unités prises</i>
<b>Total EU15</b>	<b>2 048 000</b>	<b>2 246 000</b>	<i>en considérations étaient opération-</i>
Pologne	0	0	<i>nelles au 1<sup>er</sup> janvier 2003 (chiffres</i>
République Tchèque	140 000	140 000	<i>2003) et au 1<sup>er</sup> janvier 2004 (chiffres</i>
			<i>2004).</i>
<b>Total EU25</b>	<b>2 188 000</b>	<b>2 386 000</b>	<i>EUR OBSERV'ER - EBB 2004</i>

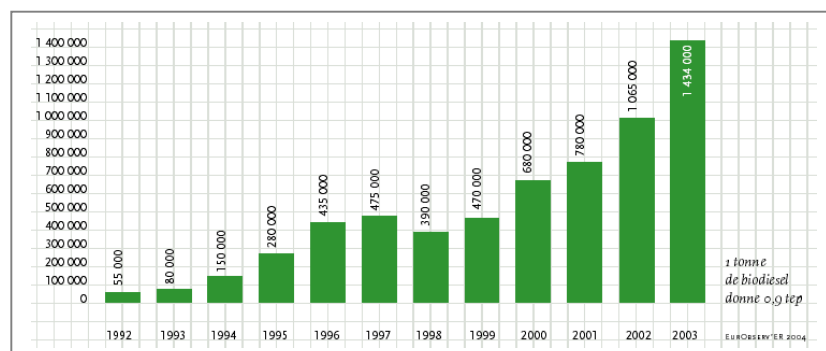
**Figure 2 : Capacité de production de biodiesel dans l'Union européenne**

Les données, en tonnes, pour 2003 et 2004.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques

Entre 1992 et 2003, la production européenne de biodiesel a augmenté en moyenne de 34,5 % par an, ce qui correspond à une multiplication par 26 de la production de 1992 (voir la **Figure 3**).



**Figure 3 : Production de biodiesel dans l'Union européenne depuis 1992**

Les quantités (ordonnées) sont exprimées en tonnes.

Jusqu'en 2001, la **France** était le premier pays européen en matière de production de biodiesel avant de céder sa place à l'Allemagne (voir la **Figure 4**).

Pays	2002 (en tonnes)*	2003 (en tonnes)*	Croissance
Allemagne	450 000	715 000	+ 58,9 %
France	366 000	357 000	-2,5 %
Italie	210 000	273 000	+ 30,0 %
Danemark	10 000	41 000	+ 310,0 %
Autriche	25 000	32 000	+ 28,0 %
Royaume-Uni	3 000	9 000	+ 200,0 %
Espagne	0	6 000	
Suède	1 000	1 000	0,0 %
<b>Total EU15</b>	<b>1 065 000</b>	<b>1 434 000</b>	<b>+ 34,6 %</b>
Pologne	0	0	0
République Tchèque	68 800	70 000**	+ 1,7 %
<b>Total EU25</b>	<b>1 133 800</b>	<b>1 504 000</b>	<b>+ 32,7 %</b>

\* marge d'erreur de +/- 5 %.  
\*\* estimation 2003 du ministère de l'agriculture de la République Tchèque  
Eurostat/ER — EBB 2004

**Figure 4 : Production de biodiesel dans l'Union européenne**

La France est rattrapée par l'Allemagne et rejointe par l'Italie.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

La France compte quatre sites de production, respectivement localisés à Grand-Couronne (Seine Maritime), Venette (Oise), Boussens (Haute Garonne) et Verdun (Meuse). En visite à Nîmes le 18 mars 2004, le Premier ministre Jean-Pierre Raffarin a donné son accord pour la construction d'une unité de production de biodiesel sur le port de Sète (Hérault). D'une capacité de 160 000 tonnes, cette unité sera le deuxième pôle de production de biodiesel en France, après celui de Grand-Couronne, près de Rouen, et sera mise en service au deuxième semestre 2005. En Poitou-Charentes (port de La Pallice en Charente Maritime), une unité pilote de production de biodiesel sera prochainement créée<sup>30</sup>, utilisant le colza comme matière première et le procédé « Multival » d'un laboratoire régional (Valagro). Ce nouveau procédé, différent de celui mis en œuvre par Diester Industrie, évite l'étape de trituration et d'extraction à l'hexane et le recours à un intermédiaire d'origine pétrolière pour la production des esters d'acides gras utilisés comme carburant. La nouvelle méthode permet également d'obtenir, comme coproduits, des farines riches en protéines et des tourteaux, en plus de la glycérine. En France, l'EMHV est essentiellement produit à partir de colza, le tournesol entrant dans une moindre proportion. Le groupe Total est le premier client de cette production, pour plus de 60 %, devant BP et Shell.

L'**Allemagne** a longtemps fait le choix de ne développer qu'une seule filière biocarburant : le biodiesel à partir de colza. Dans ce pays, le rapide développement du biodiesel s'explique par une législation favorable, l'absence de quota de production et un prix bas des huiles végétales associé à un prix élevé du diesel. À partir du 1<sup>er</sup> janvier 2004, le gouvernement allemand a décidé d'introduire une

---

<sup>30</sup> Ségolène Royal, présidente du Conseil régional de Poitou-Charentes, a présenté jeudi 24 février 2005 à Melle (Deux-Sèvres), un nouveau biocarburant - un ester d'huiles de colza et de tournesol - dont les tests de production industrielle viennent de débiter dans l'usine Rhodia de cette commune. Après une phase de validation qui doit sachever en juin 2005, le projet prévoit la création d'une usine de production de 200 000 tonnes par an de ce biocarburant, à partir de 2008.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

exonération totale du droit d'accise sur l'huile minérale pour les biocarburants purs et mélangés à des carburants fossiles. Les biocarburants mélangés sont exonérés du droit d'accise sur les huiles minérales au prorata de la quantité de biocarburant qu'ils contiennent. La date limite de cette mesure a été fixée au 31 décembre 2009. De plus, les biocarburants en Allemagne ne sont pas soumis à la Taxe Écologique mise en place en avril 1999, qui s'ajoute à la taxe sur les produits pétroliers. Utilisé pur avant le 1<sup>er</sup> janvier 2004, le biodiesel est également disponible en mélange avec le diesel d'origine pétrolière depuis cette date.

En **Italie**, la croissance importante de la production de biodiesel (à partir de tournesol, à hauteur de 80 %, et de colza) est le résultat direct d'un programme sur trois ans qui découle de la loi de finance 2001 augmentant le quota de production. De plus, le pays a instauré une réduction fiscale incitative pour les carburants moteur mélangé à du biodiesel. Enfin, le biodiesel est totalement exempté de taxe lorsqu'il est utilisé pour des applications de chauffage.

Dans le reste de l'Europe, la **République tchèque** est le seul nouvel État membre à avoir développé une production significative de biodiesel, à partir de colza (70 000 tonnes par an, 16 usines). Au **Danemark**, le biodiesel n'est pas compétitif avec le diesel fossile du fait de l'absence d'exonération fiscale sur ce type de carburant et la totalité de la production biodiesel est exportée, principalement en Allemagne. En **Autriche**, la loi sur la réforme fiscale de 2000 exempte totalement de taxe l'utilisation du biodiesel pur ou jusqu'à 2 % si le biodiesel est mélangé au diesel fossile. L'Autriche produit du biodiesel à partir d'huile de colza, mais aussi d'huiles alimentaires usagées. Comme en Allemagne, et jusqu'à une date récente, le biodiesel était utilisé à l'état pur et distribué par un réseau indépendant des groupes pétroliers. La réglementation autrichienne autorise désormais l'utilisation du biodiesel en mélange avec le

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

carburant diesel fossile dans la limite de 3 %, pour être distribué dans le réseau banalisé. Le **Royaume-Uni**, où la production repose sur le recyclage des huiles de cuisson, connaît une situation devenant plus favorable qui s'explique par l'instauration d'une déduction fiscale effective depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2003. Le système d'incitation pour les biocarburants mis en place commence à déclencher des décisions d'investissement. La première unité de production de biodiesel d'**Écosse** est en cours de construction, à Newarthill dans le Lanarkshire, et devrait être opérationnelle au printemps 2005. Originalité de cette structure : elle sera principalement alimentée en huiles et en graisses usagées provenant de la restauration et devrait fournir 5 % des besoins en diesel de l'Écosse. L'**Espagne** a également plusieurs projets de construction d'usines de production de biodiesel. Il convient de noter que ce pays s'est récemment doté d'une politique fortement volontariste en matière de biocarburants, incluant des dispositions fiscales favorables, des aides à l'investissement, ainsi que diverses initiatives.

Sur le plan industriel, le secteur européen des biocarburants est structuré autour d'acteurs dont certains ont une dimension internationale. Les principaux acteurs de la filière biodiesel sont présentés dans la *Figure 5*. Ces producteurs transforment l'huile issue des différentes plantes oléagineuses - principalement le colza - et vendent le produit final aux pétroliers qui le distribuent grâce à leur réseau de stations-service. Le plus important fabricant de l'Union européenne est français, il s'agit du groupe Diester Industrie. L'entreprise a produit dans ses deux usines de Grand-Couronne et de Venette plus de 300 000 tonnes durant l'année 2003. Diester Industrie fait également fabriquer de l'EMVH par Cognis France à Boussens, près de Toulouse. Le deuxième fabricant de biodiesel en Europe est le groupe américain Archer Daniels Midland Company (ADM), qui dispose de deux unités d'estérification en Allemagne (Ölmühle Hamburg AG et Ölmühle Leer Conneman).

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

Ces deux unités de production ont représenté en 2003 une production supérieure à 220 000 tonnes. La troisième entreprise européenne est Novaol, qui dispose de trois unités de fabrication en Italie, en France (Verdun) et en Autriche, a produit environ 150 000 tonnes de biodiesel durant l'année 2003.

Compagnie	Nationalité	Production*
Diester Industrie	Française	> 300 000 tonnes
ADM	Américaine (filiale allemande)	> 220 000 tonnes
Novaol	Française	+/- 150 000 tonnes
Natur Energie West	Allemande	< 100 000 tonnes
Fox Petroli	Italie	+/- 90 000 tonnes
MUW Mitteldeutsche UmesterungsWerke	Allemande	+/- 75 000 tonnes
Campa biodiesel GmbH	Allemande	+/- 50 000 tonnes

\* Ces chiffres de production doivent être considérés comme des ordres de grandeurs

Eurobserv'ER - EBB 2004

**Figure 5 : Principaux fabricants de biodiesel dans l'Union européenne**

Les données portent sur l'année 2003.

En dehors de l'Europe, le **Brésil** attire l'attention. Déjà premier producteur mondial d'éthanol, ce pays s'est récemment lancé dans le biodiesel. En décembre 2003, un décret présidentiel créait un comité interministériel ainsi qu'un groupe de suivi pour continuer de développer le programme biodiesel démarré en octobre 2002. Les réglementations sur les carburants sont en cours de modification pour permettre l'utilisation du biodiesel dans les moteurs des véhicules particuliers. Par ailleurs, en début d'année, l'entreprise ferroviaire América Latina Logística a décidé de remplacer un quart du carburant qu'elle utilise par du biodiesel tiré du soja. En outre, l'entreprise Brasil Ecodiesel cultive du ricin avec l'appui du ministère des Mines et de l'Énergie. Enfin, le président Lula a lancé, en janvier 2004 à Piracicaba (État de São Paulo), le Pôle des biocarburants du Brésil. Ce pôle, qui doit favoriser le développement et l'utilisation de l'éthanol et du biodiesel, associe trois ministères (Agriculture, Science et Technologie, Mines et Énergie), quatre

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

universités, les autorités locales et des associations professionnelles. Le travail de ce Pôle sera coordonné par l'École supérieure d'agriculture Luiz de Queiroz (Esalq, Université de São Paulo). Enfin, il est intéressant de noter la mise au point d'un nouveau procédé de production de biogazole, directement à partir des graines de colza - sans passer par l'huile - , grâce auquel le Brésil ambitionne de devenir le premier producteur mondial de biodiesel.

Aux **États-Unis**, la filière biodiesel est beaucoup moins développée que la filière éthanol. Avec une douzaine d'usines, elle affiche une capacité de production de 3 millions d'hectolitres par an (environ 238 000 tonnes). Sept nouvelles usines sont toutefois en construction. Le biodiesel est issu à 90 % du soja et à 10 % de graisses animales ou issues de la restauration. Le biodiesel peut être utilisé pur ou en mélange de 1 à 20 %. Plus de 100 flottes captives ont des programmes d'utilisation du biodiesel : l'*U.S. Postal Service*, l'*U.S. Army*, l'*U.S. Air Force*, les bus du New Jersey, certaines compagnies d'électricité, etc. Ceci est une conséquence de l'*Energy Policy Act* de 1992, qui exige que les flottes gouvernementales et des États achètent des véhicules à carburants alternatifs, à hauteur de 75 % des acquisitions.

Enfin, au **Canada**, les programmes de recherche sur le biodiesel et ses premières unités pilotes reçoivent des subventions. Signe de l'émergence de cette filière, la première pompe publique de biodiesel du pays a été inauguré en mars 2004 dans la région de Toronto.

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

D'autres pays se sont lancés dans la production de biodiesel, comme la **Belgique** (20 000 tonnes par an), la **Grèce**, l'**Irlande** et le **Portugal**.

▪ **La filière éthanol**

Le bioéthanol est le biocarburant **le plus produit au monde**<sup>31</sup>, avec environ 19 millions de tonnes en 2003, soit près de 12 fois la production mondiale de biodiesel<sup>32</sup>. Ce chiffre est essentiellement le fait de deux pays, le **Brésil** (1<sup>er</sup> rang avec 52 % de la production mondiale) et les **États-Unis** (2<sup>e</sup> rang, 43 %). Ces deux nations se sont lancées, il y a plus de vingt ans, dans une voie de substitution de leur carburant fossile par de l'éthanol.

Selon l'Union de l'agro-industrie de la canne à sucre Unica (*União da Agroindústria Canavieira de São Paulo*), le **Brésil** est le premier producteur mondial avec 9,9 millions de tonnes en 2003 obtenues essentiellement à partir de canne à sucre. Pour assurer cette production, le pays compte pas moins de 300 distilleries. Pour 2004, la production brésilienne devrait excéder 11 millions de tonnes. Aujourd'hui, plus de 3 millions de véhicules - soit plus de 20 % du par automobile brésilien - roulent au 100 % éthanol. Ce chiffre est toutefois en diminution, en raison de perturbations sur le marché du sucre et de l'alcool qui ont entraîné des ruptures d'approvisionnement et relancé le marché des véhicules neufs conçus pour des utilisations d'éthanol en mélange à l'essence. Le gouvernement brésilien accorde des incitations fiscales pour l'achat de voiture à bi-carburant de type FFV (*flex fuel vehicle*), pouvant indifféremment fonctionner avec de l'alcool pur ou mélangé à

<sup>31</sup> Le *New York Board of Trade* (Nybot), l'une des principales bourses de commerce des États-Unis, a annoncé, le 7 mai 2004, la création d'un marché à terme de l'éthanol, confirmant l'émergence d'un marché mondial pour ce produit.

<sup>32</sup> Il est intéressant de mettre ces chiffres en perspective avec la consommation mondiale de pétrole dans les transports, voisine de 1,7 milliard de tonnes.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

l'essence. Plusieurs constructeurs (Volkswagen, Ford, Fiat, Renault, PSA Peugeot Citroën) mettent sur le marché des véhicules de ce type.

Aux **États-Unis**, le département américain de l'Agriculture USDA (*United-State Department of Agriculture*) a estimé la production d'éthanol à 8,4 millions de tonnes en 2003, à partir de maïs pour plus de 90 % de la production (le sorgho, le blé ou des sous-produits de la biomasse sont également utilisés, mais dans une moindre mesure). Les principales régions productrices se situent dans les États du Midwest américain. Selon l'association RFA (*Renewable Fuels Association*), qui se veut la « *Voice of the Ethanol Industry* », 40 % des installations sont la propriétés d'agriculteurs. La capacité de production américaine devrait passer à 10,3 millions de tonnes en 2004 contre 9,1 millions de tonnes en 2003. En dix ans, le prix de revient de l'éthanol a été divisé par trois, en raison des économies d'échelle réalisées. Compte tenu des investissements programmés, la production d'éthanol des États-Unis pourrait dépasser, dans les prochaines années, celle du Brésil. L'éthanol bénéficie d'aides spécifiques en provenance de l'État fédéral. Le programme Bioénergie (*Bioenergy Program*) de l'USDA consacre 150 millions de dollars par an jusqu'en 2006 au producteurs d'éthanol (et aussi de biodiesel). Le programme incite à l'augmentation des capacités de production, notamment des producteurs de moins de 200 000 tonnes par an. Le bioéthanol bénéficie aussi d'une exemption fiscale, alors que cette disposition n'est pas encore applicable au biodiesel (cette disposition figure toutefois dans le projet de loi sur l'énergie). Certains États distibuent des subventions à l'éthanol, sous forme d'exemption fiscale (Connecticut, etc.) ou d'aide financière directement versées aux producteurs (Wyoming, etc.). Avec plus d'une quinzaine nouvelles unités en construction, les États-Unis devraient bientôt compter pas loin de 100 usines de production d'éthanol réparties sur le territoire national. Enfin, alors que le

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

mélange E<sub>10</sub> (10 % d'éthanol dans l'essence ; produit commercialisé sous le nom de *gazohol*) est le plus répandu aux États-Unis, il faut noter une initiative conduite par la multinationale Monsanto, en association avec la *General Motors* et la *National Ethanol Vehicle Coalition* (NEVC), visant à accroître la consommation d'éthanol dans les moteurs. Par cette opération de soutien de la filière éthanol, Monsanto, qui a offert l'installation d'une pompe E<sub>85</sub> à une entreprise du Nebraska, entend surtout promouvoir la culture de son maïs hybride, le *Processor Preferred High Fermentable Corn*.

Les chiffres de l'Union européenne sont plus modestes. En 2003, la production d'éthanol s'est élevée à 309 500 tonnes (soit à peine 18 % de la production européenne<sup>33</sup> combinée des deux principales filières) contre 317 300 tonnes en 2002, pour une capacité de production stable (voir la *Figure 6*).

	2002				2003*			
	Ethanol		ETBE production		Ethanol production		ETBE production	
	production	capacité	production	capacité	production	capacité	production	capacité
Espagne	176 700	180 000	376 000	362 300	180 000	180 000	383 400	362 300
France	90 500	103 000	192 500	219 000	77 200	103 000	164 250	219 000
Suède	50 100	54 000	0	0	52 300	54 000	0	0
Total EU15	317 300	337 000	568 500	581 300	309 500	337 000	547 650	581 300
Pologne	65 660	n.d.	139 860	n.d.	131 640	n.d.	280 390	n.d.
République Tchèque	5 000	30 000	0	0	5 000	30 000	0	0
Total EU25	387 960	n.d.	708 360	n.d.	446 140	n.d.	828 040	n.d.
*estimation								
Eurostat/IR 2004								

**Figure 6 : Production d'éthanol et d'ETBE dans l'Union européenne**

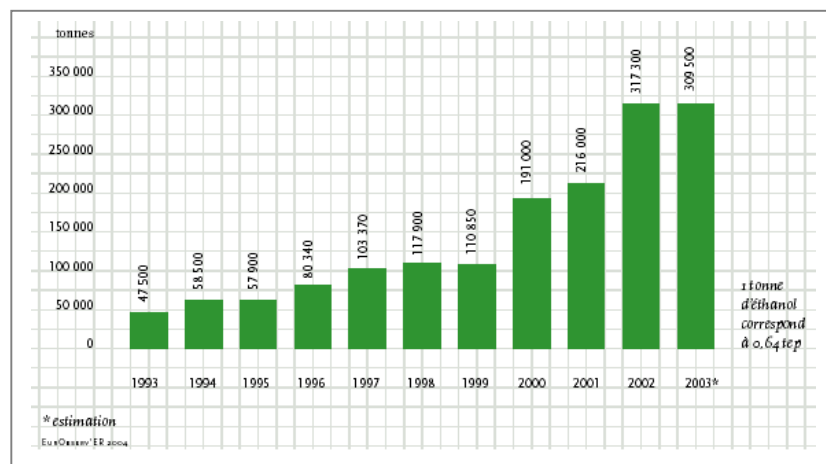
Les chiffres représentent des tonnes.

<sup>33</sup> Union européenne non élargie.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

Concernant la progression de la production européenne d'éthanol depuis 1993, le rythme de croissance a été moins élevé que celui de la filière biodiesel (voir la **Figure 7**).



**Figure 7 : Production d'éthanol de l'Union européenne**

Évolution sur 10 ans.

L'**Espagne** est actuellement le plus grand producteur d'éthanol de l'Union européenne, alors que la production espagnole de biocarburants était quasi nulle jusqu'en 1999. Grâce à la compagnie Abengoa et ses filiales, l'Espagne dispose d'une capacité de production de 180 000 tonnes par an pour une production du même ordre. L'éthanol est ensuite transformé en ETBE, pour aboutir à une production de l'ordre de 375 000 tonnes. Le succès de la production d'éthanol en Espagne s'explique par le fait que le gouvernement ne perçoit pas de taxe sur l'éthanol. Dans ce contexte, les projets d'unité de production de bioéthanol se multiplient, essentiellement à partir d'orge (destiné à l'incorporation directe) ou de maïs, mais aussi - dans une moindre proportion - à partir de la biomasse sèche. En Espagne, le dynamisme de cette filière est tel que l'Institut pour la diversification et l'économie d'énergie IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*) estime que le pays sera en mesure de répondre dans le futur à l'essentiel de la demande communautaire en matière de bioéthanol, soit 2,5 millions de tonnes,

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

grâce à la diversification des matières premières (excédents vinicoles, betteraves, etc.).

Seul pays parmi les nouveaux États membres à avoir développé de façon significative la filière éthanol, la **Pologne** occupe le second rang de la nouvelle Union européenne (E.U.<sup>25</sup>), derrière l'Espagne et devant la France. Selon la Chambre de commerce des distilleries, la production de bioéthanol destinée à la production d'ETBE a été de 131 640 tonnes en 2003, contre 65 660 tonnes en 2002. La production d'ETBE équivalente a été de l'ordre de 280 390 tonnes en 2003. En novembre 2003, le Parlement polonais a adopté une nouvelle loi qui accorde une exemption de taxe pour la production d'éthanol mélangé à l'essence. Les pourcentages définitifs et le montant de l'exemption seront déterminés annuellement, après approbation du budget annuel.

En **France**, la production d'éthanol a légèrement diminué en 2003, passant de 90 500 tonnes à 77 200. Cette tendance s'explique par la sécheresse exceptionnelle qui a frappé l'Hexagone en 2003 et qui a affecté les taux de rendement à l'hectare des productions de betteraves et de céréales. La production d'éthanol est actuellement assurée à 70 % à partir de betteraves et à 30 % à partir de blé. Les deux tiers de la production de betteraves destinées à être transformées en éthanol se font sur jachère, un tiers hors jachère. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2004, l'incorporation directe de l'éthanol à l'essence est permise<sup>34</sup>, une décision attendue depuis longtemps par de nombreux acteurs de la filière. À cet égard, les betteraviers, les céréaliers, les producteurs d'éthanol et le groupe pétrolier Total avaient officiellement présenté au gouvernement le projet d'une

---

<sup>34</sup> Le Parlement français, en étendant, lors du vote de la loi de finances rectificative pour 2003, le bénéfice de l'exonération partielle de TIPP, qui était jusqu'ici réservé à l'ETBE, à l'éthanol directement incorporé, a ouvert une voie permettant cette incorporation. Du fait de l'adoption de cet amendement parlementaire, la TIPP est devenue la taxe intérieure de consommation, puisqu'elle s'applique désormais aux biocarburants et non plus exclusivement aux produits pétroliers.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

nouvelle unité de production d'ETBE, dénommée Sud ETBE. Localisée sur la raffinerie Total de La Mède (Bouches du Rhône), cette unité aurait produit 140 000 tonnes d'ETBE. Le gouvernement a rejeté ce projet, indiquant clairement que la voie de développement passe maintenant par l'utilisation d'éthanol en mélange direct à l'essence<sup>35</sup>. Deux projets de construction de nouvelles unités de production d'éthanol ont ainsi vu le jour, à Bazancourt-Pomacle (Marne) avec le groupe Cristal Union (Cristanol<sup>36</sup>) et à Origny-Sainte-Benoîte (Aisne) avec Tereos (Union des sucreries et distilleries de l'Aisne). Ces unités, qui transformeront du blé et des betteraves, sont destinées à l'incorporation directe. Dans la mesure où l'éthanol produit (plus de 450 000 tonnes par an) *in situ* ne sera pas transformé en ETBE, les zones agricoles alentour pourront bénéficier pleinement des emplois induits.

Troisième producteur d'éthanol en Europe, la **Suède** affiche une production d'éthanol de 52 300 tonnes en 2003. La Suède ne transforme pas son éthanol en ETBE mais mise sur le mélange direct, avec l'accord des groupes pétroliers, Shell notamment. Ce pays, qui consomme plus d'éthanol (environ 158 000 tonnes par an) qu'il n'en produit, dispose actuellement de deux unités de production pour une capacité de 54 000 tonnes. Comme pour le biodiesel, la législation suédoise accorde une exemption totale des taxes pour l'éthanol. Trois types de mélanges de carburants sont commercialisés sur le marché suédois :

---

<sup>35</sup> Les discussions portant sur l'incorporation directe de l'éthanol dans les essences, en concurrence avec l'ETBE, est un débat essentiellement franco-français, reflétant l'opposition d'intérêts entre l'industrie française du raffinage et les filières agricoles qui produisent l'éthanol.

<sup>36</sup> Les groupes Champagne Céréales et Cristal Union ont déposé un projet commun, baptisé Cristanol, visant à produire en 2007 du bioéthanol dans la Marne, en réponse à l'appel d'offres du gouvernement. Ce projet, d'un budget de 180 millions d'euros, prévoit de construire une unité de 280 000 tonnes de bioéthanol, traitant sur le même site de Bazancourt-Bétheniville les betteraves et céréales issues d'un territoire de 1,5 million d'hectares en Nord - Pas-de-Calais, Picardie, Champagne-Ardenne, Alsace, Lorraine et Bourgogne.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

- le E<sub>85</sub>, un mélange de 85 % d'éthanol et de 15 % d'essence, qui est utilisé par des véhicules flexibles FFV, pouvant fonctionner indifféremment à l'essence pure ou avec le mélange E<sub>85</sub> ;
- le E<sub>5</sub>, un mélange direct de 5 % d'éthanol avec l'essence ;
- un mélange de 15 % d'éthanol et de 85 % de diesel.

La Suède porte actuellement ses efforts sur la filière ligno-cellulosique. Ainsi, le Premier ministre suédois Göran Persson a inauguré en mai 2004, une unité pilote d'éthanol provenant de cellulose. Située dans la ville côtière d'Örnsköldsvik, cette usine est dédiée à la R&D. En vue d'améliorer les rendement de production par cette voie, le projet vise notamment à remplacer une des étapes de fabrication à base d'acide, par une réaction utilisant des enzymes. Cette unité est le fruit de collaborations entre universités et compagnies énergétiques régionales.

L'**Allemagne** se lance dans le bioéthanol, en décidant de construire trois distilleries d'une capacité totale approchant 470 000 tonnes par an, avec l'appui des groupes Sauter et Südzucker. Une unité a déjà été inaugurée en mai 2004. La réalisation de cet objectif placerait l'Allemagne au premier rang européen.

Sur le plan industriel, l'organisation de la filière éthanol européenne est caractérisée par un nombre restreint de vendeurs, au regard de celui des acheteurs. Le marché est contrôlé par de grands groupes et de grandes coopératives agricoles de l'industrie sucrière et de l'alcool. Le plus grand producteur européen d'éthanol est l'entreprise espagnole Abengoa. Cette société, qui gère aussi des usines d'éthanol aux États-Unis, est le deuxième plus grand producteur mondial d'éthanol derrière Archer Daniels Midland<sup>37</sup>. En

---

<sup>37</sup> ADM, leader sur le marché américain, détient 33 % des capacités totales en matière de production d'éthanol aux États-Unis.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

France, les principaux producteurs d'éthanol sont Saint-Louis Sucre (contrôlé par Südzucker), Cristal Union, SDHF (Sucrerie distillerie des hauts de France), Tereos-Union SDA (Union des sucreries et distillerie agricole) et Union BS (Union des planteurs de betteraves à sucre). En Suède, deux acteurs sont présents sur le marché, Agroetanol AB et Svensk Etanolkemi. Sur le segment de la conversion de l'éthanol en ETBE, on retrouve de grandes compagnies pétrolières dont notamment Total. En France, cette compagnie pétrolière est seule présente sur le marché de l'ETBE. Elle gère avec les producteurs d'éthanol et les organismes représentant les céréaliers et les betteraviers trois sites de production, localisés respectivement à Feyzin (Rhône), à Dunkerque (Nord ETBE, dans le Nord) et au Havre (Ouest ETBE, en Seine Maritime), totalisant une capacité de production égale au quota de production alloué.

En octobre 2003, le **Canada** a lancé un programme d'expansion de l'éthanol en appelant les industriels à faire des propositions de construction de nouvelles capacités. Ce programme vise à multiplier par quatre la production d'éthanol, la capacité actuelle étant inférieure à 200 000 tonnes, selon l'Association canadienne des carburants renouvelables CRFA (*Canadian Renewable Fuels Association*). Le Canada se fixe comme objectif d'avoir au moins 35 % de l'essence vendue qui contient 10 % d'éthanol en 2010. La réalisation de cet objectif ambitieux implique la production de plus d'un million de tonnes d'éthanol par an.

Avec 70 unités de production, l'**Inde** affiche une production dépassant 550 000 tonnes par an et le pays vise, pour 2006, le chiffre de 800 000 tonnes. Pour atteindre cet objectif, deux États (l'Uttar Pradesh et le Maharashtra) vont se doter de capacités de production supplémentaires. L'Inde avait imposé à neuf États et quatre régions sous contrôle fédéral l'obligation de vendre de l'essence contenant

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

5 % d'éthanol à compter de janvier 2003. Ce programme a été retardé faute d'un accord entre les compagnies pétrolières et les distilleries travaillant la canne à sucre, sur le prix de l'éthanol, qui bénéficie par ailleurs d'une exonération de droits d'accises.

La **Chine** expérimente le mélange E<sub>10</sub> dans deux provinces depuis juin 2002. La république populaire va étendre ces essais à neuf provinces d'ici à la fin 2005.. Le pays compte actuellement deux usines en fonctionnement, qui totalisent 400 000 tonnes par an. Deux nouvelles usines sont en construction, pour une production dépassant 600 000 tonnes.

D'autres pays commencent à développer une production significative d'éthanol grâce à des soutiens publics : la **Colombie** (objectif de plus de 700 000 tonnes dès 2006), plusieurs États d'**Amérique centrale** (objectif de plus de 700 000 tonnes pour 2010), l'**Australie** (objectif de 280 000 tonnes en 2010), la **Thaïlande** (90 000 tonnes, 8 distilleries), les **Pays-Bas** (25 000 tonnes par an, à partir de pommes de terre et de pulpes de betterave), la **Nouvelle-Zélande**, etc.

## ***La recherche sur la valorisation des agroressources***

### **▪ En France**

Au **niveau national**, afin de mieux coordonner l'effort de recherche en matière de valorisation de ses agroressources, la France a créé Agrice (Agriculture pour la chimie et l'énergie) en 1994, un groupement d'intérêt scientifique (GIS) regroupant des instituts de recherche (Ademe, Inra, CNRS, IFP, CEA), des organisations professionnelles représentant les filières agricoles (blé et autres céréales, betterave, oléagineux), des entreprises industrielles (Atofina, Autobar Packaging France, Limagrain, Bayer Crop science, Cerestar, Rhodia, Total) et les ministères en charge de l'Agriculture, de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement. Agrice est gérée administrativement par l'Ademe. Ses missions sont extrêmement étendues puisqu'elles couvrent tous les secteurs relatifs à la valorisation des agroressources (biocarburants, biocombustibles, chimie verte, biomatériaux) et vont de la culture de la plante (agronomie) jusqu'à la mise au point et la démonstration des procédés de transformation de la plante en bioproduits. L'étude de l'impact environnemental et économique de la valorisation de la biomasse fait également partie de ses missions. Agrice réalise l'interface entre les filières agricoles d'amont, les centres de recherche publics et les filières industrielles d'aval, en prise directe avec les marchés. Le financement des actions s'arrête au stade pilote, les actions pré-industrielles n'étant pas prises en charge.

Dans la première phase d'existence d'Agrice, l'accent a été mis très fortement sur les biocarburants. Aujourd'hui, les filières éthanol et biodiesel (biocarburants de première génération) sont considérées comme matures du point de vue technologique et l'effort de recherche porte sur les biocarburants du futur, de deuxième génération, ainsi que sur les biomolécules (chimie verte) et les

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

biomatériaux. Une priorité forte est également donnée aux gains environnementaux attendus des bioproduits.

Il convient de noter que l'action de recherche et développement d'Agrice s'intègre dans des réseaux européens actifs en matière de promotion des agroressources pour des utilisations non alimentaires (projet VIEWLS, « *Clear Views on Clean Fuels* », financé dans le cadre du 5<sup>e</sup> PCRD ; ALTENER-NTB NET, *non technical barriers network* ; ALTERNER-AFB NET, *agricultural forestry biomass network* ; ERRMA, *European renewable raw materials association* ; IENICA, *interactive european network for industrial crops and their applications* ; INFORRM, *industry network for renewable resources and materials*).

À l'échelon régional, l'enracinement de la R&D, orientée vers la valorisation des agroressources dans un territoire agricole disposant de ressources végétales importantes, d'industries de première transformation préexistantes et d'acteurs professionnels parfaitement motivés, constitue un facteur déterminant de succès. La démarche adoptée par les différents acteurs régionaux de **Champagne-Ardenne**, une région qui a su créer de fortes synergies en mobilisant l'ensemble des acteurs concernés, en est l'illustration remarquable<sup>38</sup>. La stratégie de cette région s'appuie sur quatre structures inter-professionnelles mises en place progressivement avec le soutien des collectivités publiques, régionale et départementale :

---

<sup>38</sup> La forte spécialisation agro-industrielle de la région Champagne-Ardenne a conduit l'Institut national d'agronomie de Paris-Grignon (INA PG) à créer une unité de valeur « valorisation industrielle des agroressources », dont le cursus s'effectue à Reims.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

- la société de R&D ARD ;
- l'association Europol'Agro ;
- le CNRT Alternoval ;
- le centre d'intelligence économique Pronovial.

**ARD** (agro-industrie recherche-développement) est une société de recherche développement regroupant les coopératives de collecte céréalière, réunies au sein de la structure Céréales-Recherche-Développement (CRD), les industries sucrières, rassemblées au sein d'un Groupement d'intérêt économique Sucre-Recherche-Développement (GIE SRD) et Chamtor, une industrie de valorisation du glucose. ARD a mis en place deux sociétés de production et de commercialisation des produits qui sont le fruit de ses recherches, Bio Attitude et Soliance.

**Europol'Agro** est une association créée en 1991, qui constitue l'interface entre le monde scientifique et les acteurs politiques et économiques régionaux s'intéressant à la valorisation des agroressources locales. Près de deux cents chercheurs de l'université de Reims Champagne-Ardenne (URCA), de l'Inra et du CNRS, associés à l'URCA au sein d'unités mixtes de recherche, sont impliqués dans la dynamique d'Europol'Agro. Dans le cadre du contrat de plan État/région, couvrant la période 2000-2006, un contrat d'objectifs portant sur les nouvelles valorisations des agroressources (Nova) a été adopté. La thématique retenue est consacrée à la valorisation de l'amidon (programme Amival) et à la valorisation des glucides extraits des sons et pailles de blé et des effluents de l'industrie viticole (programme Glycoval), visant à produire des molécules à haute valeur ajoutée utilisées en cosmétique, chimie fine ou pharmacie. À ces différents contrats d'objectifs, s'ajoute un programme intitulé « protéo luzerne », visant à créer un laboratoire mixte de recherche entre Viridis - un organisme créé par les producteurs de luzerne - et le CEA pour

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

étudier la valorisation, notamment pour la pharmacie, des protéines extraites de cette plante. Dans le cadre du 6<sup>e</sup> PCRD, Euroapol'Agro souhaite se positionner au sein de l'espace européen de recherche, en rejoignant le réseau d'excellence Biomass, qui mobilise dix pays, dix-sept partenaires et cent cinquante cinq chercheurs.

Le Centre national de recherche technologique (CNRT) **Alternoval** a été créé en 2002 à l'initiative des régions Champagne-Ardenne et Picardie, à partir d'Euroapol'Agro et du CNRT picard Alternotech, pour créer un pôle de compétence et d'excellence en matière de transformation industrielle du végétal. Seul CNRT dans le domaine agro-industriel, Alternoval endosse les principales missions suivantes :

- promouvoir le montage de partenariats recherche-industrie pour de nouvelles valorisations industrielles des agroressources ;
- évaluer les marchés émergents de la biomasse végétale à l'échelle européenne et mondiale ;
- construire, au sein de l'espace européen de la recherche et de la technologie, un réseau inter-régional de compétences dédié à la mise en place de nouvelles filières de valorisation des agroressources.

Issu d'un partenariat entre l'Ademe, Euroapol'Agro et l'Université de Reims, **Pronovial** a été créé en 2002 avec l'appui de la Fondation du site Paris-Reims, d'Alternotech, de la CCI de Reims-Epernay, des organisations professionnelles des filières céréalières (Unigrains), sucrières (CGB - Confédération générale des planteurs de betteraves) et des oléo-protéagineux (Sofiprotéol), ainsi que PSA Peugeot-Citroën et l'industrie chimique allemande (Cognis). La vocation de Pronovial est de fournir des informations sur les marchés des produits renouvelables et de vendre des prestations d'intelligence économique.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

Le schéma mis en place en Champagne-Ardenne couvre l'ensemble de la chaîne, qui va de la recherche à la valorisation industrielle, en créant un cadre de coopération institutionnelle entre tous les acteurs de cette chaîne. Les acteurs économiques peuvent en permanence interpellier les chercheurs sur les moyens de répondre aux attentes du marché, qu'il s'agisse de l'exploitation de nouvelles fonctionnalités des molécules végétales mises en évidence par la recherche, ou de l'amélioration des process industriels permettant de réduire les coûts de production ou les nuisances par rapport à l'environnement.

En dehors de Champagne-Ardenne, de nombreuses autres régions françaises sont actives dans le développement de recherches orientées vers de nouvelles valorisations des agroressources. La **Picardie**<sup>39</sup> qui, outre le CNRT Alternoval implanté à Compiègne, compte le Centre de valorisation des glucides et produits naturels (CVG), et une équipe de l'Inra travaillant sur la sélection végétale. Par ailleurs, le CNRT Alternattech met en œuvre un programme de recherche « Alternatives végétales », axé sur les secteurs à haute valeur ajoutée de la cosmétique, de la pharmaceutique et des tensioactifs. La **Lorraine** a mis en place la Plateforme régionale agro-bio-industrielle-Lorraine (Prabil), une structure qui vise à fédérer les acteurs agricoles, des industriels, des scientifiques et des partenaires publics, pour concentrer en un même lieu la R&D et les entreprises innovantes dans le domaine des nouvelles valorisations. La Lorraine développe notamment des compétences dans le domaine de la chimie des polymères et la lipochimie, qui sont orientées vers la production de matériaux biodégradables, de tensioactifs, de détergents et lubrifiants, ainsi que la production de molécules médicales. La ville de Nancy compte un des plus grands centres européens sur le génie des procédés. Dans le **Nord Pas-de-Calais**, le

<sup>39</sup> Dans le cadre de l'appel d'offres lancé fin 2004 par le gouvernement et visant à la constitution de pôles de compétitivité, les régions Champagne-Ardenne et Picardie conjuguent leurs efforts de façon à se positionner comme candidat s'agissant de la valorisation non alimentaire des agroressources.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

CNRS et l'Inra de Lille - dont dépend l'Inra de Reims - mènent des recherches dans le domaine de la glycochimie. En **Pays-de-Loire**, l'Inra possède plusieurs pôles dans le domaine des nouvelles valorisations des agroressources, dont la tête du réseau se situe à Nantes. Sur certaines recherches, l'Inra collabore avec avec le CNRS de Toulouse. La région **Midi-Pyrénées** déploie d'importants efforts en matière de valorisation des ressources végétales locales, en s'appuyant notamment sur le centre techniques Catar (Centre d'application et de traitement des agroressources), un Centre régional d'innovation et de transfert de technologie (Critt) dédié aux agroressources et adossé à l'École nationale supérieure des ingénieurs en arts chimiques et technologiques (Ensiacet). Catar, qui regroupe le CNRS et des coopératives du sud-ouest de la France, soutient des recherches dans le domaine des agromatériaux à base d'agroressources locales telles que le maïs. Des programmes de recherche importants relatifs à la valorisation des oléagineux (tournesol) sont aussi engagés. Plusieurs pistes sont explorées, parmi lesquelles figurent :

- la création d'une plateforme régionale de production d'huile végétale pour des applications non alimentaires ;
- la fabrication de bioplastiques à partir de tourteaux de tournesol ;
- la fabrication de colle naturelle à partir de tourteaux de tournesol ;
- la fabrication d'additifs alimentaires et de composés cosmétiques à partir du germe de soja ;
- la création du réseau régional de recherche technologique sur le thème des agroressources et des biotechnologies ;
- l'adhésion de la région Midi-Pyrénées au CNRT Alternoval, mobilisant les compétences scientifiques de l'Ensiacet, de l'Inra et de l'Institut national des sciences appliquées (Insa) de Toulouse et des centres techniques Catar (Critt Agroressources) et Critt Bioindustries.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

En **Languedoc-Roussillon**, l'Inra de Montpellier dispose d'une unité de recherche sur la technologie des céréales et des agropolymères. Le Cirad, implanté à Montpellier, poursuit des recherches sur les nouvelles valorisations, notamment à partir des produits tropicaux (coton, huiles végétales de coprah ou de palmiste). À Grenoble, en région **Rhône-Alpes**, est implanté le Centre d'étude et de recherche sur les macromolécules végétales (Cermav), un laboratoire du CNRS qui, en association avec l'université, étudie la cellulose et l'amidon. En **Bretagne**, l'École nationale supérieure de chimie de Rennes (ENSCR) possède un laboratoire poursuivant des recherches en matière de glycochimie et en **Île-de-France**, l'École nationale supérieure de chimie de Paris (ENSCP) organise une formation consacrée à la chimie verte, qui couvre les différents aspects de cette discipline émergente. Enfin, la région **Poitou-Charentes** a créé Valagro (valorisation des agroressources), en 1992, une société de développement de la recherche, ayant pour vocation le développement industriel et la création d'unités de production. Valagro constitue une interface entre la recherche académique, les filières agricoles d'amont et l'industrie d'aval, et appuie notamment la création d'entreprises par essaimage pour exploiter les résultats de la recherche. Valagro compte deux divisions, la division oléochimie dédiée à la multivalorisation des huiles végétales (biolubrifiants, biosolvants, biodiesel, huiles techniques, ingrédients cosmétiques) et la division agromatériaux, qui conçoit et élabore des agromatériaux à partir de fibres naturelles (bois, chanvre, laine de mouton) et de farines amylacées, pour produire des matériaux composites.

Bien que ce « tour de France » des régions montre l'extrême diversité et la richesse des projets de recherche-développement initiés par les acteurs français, la France, et même l'Europe, sont très largement devancées par les États-Unis. Ainsi, dans le seul secteur

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

des matériaux biodégradables, une étude, réalisée par Ernst & Young pour le compte de l'Ademe<sup>40</sup> révèle une absence totale des entreprises françaises s'agissant des brevets exploités commercialement et protégés par des marques déposées. Ce marché est actuellement occupé par trois groupes américains (Du Pont, Dow et Eastman), deux sociétés japonaises (Shona Denko et Mitsui Chemicals), trois firmes allemandes (Biomer, BASF et UCB), deux italiennes (Novamont, Mazzucchelli), une anglaise (Biotec), une néerlandaise (Rodenburg), une firme autrichienne (IFA) et une autre belge (Solvay). Cette situation fragilise la recherche française pour l'obtention de financements européens susceptibles d'être alloués dans le cadre des programmes communautaires de recherche-développement, pour lesquels la participation d'entreprises d'aval constitue un des critères majeurs de sélection.

▪ **En Europe et dans le monde**

Au niveau de l'**Union européenne**, différents programmes visent à mieux coordonner les efforts nationaux de recherche et à en accroître l'efficacité. Les instruments financiers de cette coopération européenne sont essentiellement les 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> PCRD, qui couvrent les périodes 1998-2002 (5<sup>e</sup> PCRD) et 2003-2006 (6<sup>e</sup> PCRD). Dans l'esprit de la Commission, le 6<sup>e</sup> PCRD, qui met surtout l'accent sur la coopération entre centres de recherche pour créer des réseaux d'excellence sur des thèmes de recherche majeurs, a pour ambition de renforcer le poids de la recherche européenne par rapport à celle des États-Unis.

À l'échelon des différents pays, s'agissant de la recherche sur la valorisation des agroressources dans divers pays européens, l'**Allemagne** s'est dotée, en 1993, d'une structure comparable à Agrice, la FNR (*Fachagentur Nachwachsend Rohstoffe*), agence

<sup>40</sup> Étude du marché des matériaux biodégradables. Ernst & Young - Ademe, 2003.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

publique fédérale coordonnant l'action des Länder. L'effort de recherche pour promouvoir la valorisation de la biomasse est particulièrement marqué dans ce pays. L'**Italie** a mis en place l'Aiace (*Agricoltura innovativa per l'ambiente, la chimica et l'energia*), une structure qui poursuit des objectifs identiques. Au **Royaume-Uni**, l'Actin (*Alternative crops technology interaction network*), créé en 1995 et financé par le gouvernement britannique et plusieurs partenaires industriels, a vu ses activités aujourd'hui englobées dans le NNFCC (*National Non-Food Crops Centre*). Aux **Pays-Bas**, l'institut ATO-DLO (*Institut Agrotechnologisch onderzoeksinstituut*), basé à Wageningen, joue un rôle de plateforme commune pour la recherche publique et les entreprises. Les Pays-Bas ont négligé les recherches dans le secteur des biocarburants et mis principalement l'accent sur les recherches concernant les valorisations à haute valeur ajoutée, ce qui se justifie compte tenu des caractéristiques foncières (terres agricoles rares et chères) de l'agriculture néerlandaise. Les Pays-Bas ont notamment développé des recherches à partir du carvon, huile extraite du carvi, plante de la famille des ombellifères, qui est utilisée comme produit de traitement des cultures et qui peut aussi servir à limiter le pouvoir germinatif des pommes de terre, en substitution des produits chimiques utilisés jusqu'ici. Au **Danemark**, l'accent est également mis sur les valorisations à haute valeur ajoutée, notamment sur les nouveaux matériaux obtenus à partir de l'amidon ou de cellulose. Les universités danoises poursuivent des recherches sur les fibres d'origine végétale, qui auraient des qualités semblables aux fibres de verre ou de carbone. Le Danemark s'intéresse également à l'utilisation de la biomasse comme combustible.

Tous les instituts des pays européens actifs en matière de valorisation non alimentaire des agroressources ont en commun d'associer des organismes publics de recherche et des acteurs privés proches des marchés (organisations professionnelles de l'agriculture

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

et de l'industrie, entreprises des secteurs de l'énergie et de la chimie, etc.), ce qui renforce les synergies en vue d'une application rapide au stade industriel des résultats de la recherche. Ces synergies sont encore renforcées par le fait que ces institutions se sont regroupées en réseau dans une association, l'ERRMA (*European renewable raw materials association*) qui s'est fixée les objectifs suivants :

- contribuer à définir une stratégie européenne des matières premières renouvelables ;
- encourager la réalisation d'actions de coopération dans le domaine de la recherche, du développement et de la démonstration entre les agences nationales ;
- favoriser l'échange d'information et la coordination entre tous les acteurs intéressés au niveau des États membres et de l'Union européenne ;
- diffuser les résultats.

En matière de valorisation des agroressources et de la biomasse en générale, l'avance des **États-Unis** est considérable. Celle-ci ne concerne pas seulement les biocarburants, mais également tout le secteur de l'agrochimie, promis à des développements futurs très importants, tant en matière de volumes mis sur le marché que de création de valeur ajoutée. La stimulation forte de la recherche constitue le moteur principal d'une stratégie volontariste très marquée des Pouvoirs publics américains. Aux États-Unis, les ministères respectivement en charge de l'Énergie DoE (*U.S. Department of Energy*) et de l'Agriculture USDA jouent un rôle très actif pour stimuler l'effort de recherche, en partenariat avec des grands groupes industriels privés (Du Pont de Nemours, Cargill, Dow Chemicals, etc.) et des instituts universitaires. Le Conseil national de la recherche NRC (*National Research Council*) a fixé, en 2000, des objectifs très ambitieux, qui devront être atteints avant la

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

fin du siècle, par la bio-industrie américaine<sup>41</sup>. Pour les carburants liquides, l'objectif est de passer de 1 à 2 % actuellement, à 10 % en 2020 et plus de 50 % en 2090. Dès 2020, l'éthanol serait produit à partir de cellulose bon marché. Pour la biochimie organique, l'objectif est de passer d'une part de marché de 10 % en 2000, à 25 % en 2020 et plus de 90 % en 2090. Dans le secteur des biomatériaux, comprenant les fibres végétales, le bois, les plastiques issus des biopolymères, la part de marché visée est de 95 % dès 2020 et près de 100 % à la fin du siècle (contre un peu moins de 10 % actuellement). Ces objectifs sont parfaitement crédibles, compte tenu des résultats déjà engrangés sous forme de dépôts de brevets par les États-Unis qui, par ailleurs, n'hésitent pas à recourir aux techniques du génie génétique pour produire, à partir de certaines espèces de plantes génétiquement modifiées, des substances chimiques correspondant aux fonctionnalités souhaitées pour élaborer des biomatériaux et des molécules chimiques entrant dans la fabrication des tensionactifs ou des biolubrifiants.

Au **Canada**, le ministère de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada AAC a élaboré, en 2000-2001, un volumineux document d'information<sup>42</sup> contenant notamment, des recommandations relatives à la constitution de groupes industriels susceptibles de favoriser le développement régional, la coordination des investissements en sciences et en technologies, la mise en place de centres de commercialisation, l'instauration de projets pilotes et de parcs scientifiques, ainsi que la création d'un réseau pour les partenaires publics, privés et non gouvernementaux. Ce document

---

<sup>41</sup> Biobased Industrial Products : Research and Commercialization Priorities, National Research Council (NRC), 2000.

<sup>42</sup> Cadre de discussion sur le développement d'une bioindustrie au Canada, Craig Crawford, Conseil canadien des nouvelles utilisations des produits agricoles (CCNUPA), 2001.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

constitue le premier d'une série d'études<sup>43</sup> effectuées conjointement par AAC et d'autres ministères fédéraux en collaboration avec les partenaires de l'industrie, pour déterminer les débouchés pour les fabricants canadiens de bioproduits et de technologies du marché nord-américain.

Enfin, il est intéressant de noter que le **Japon**, bien que ne disposant pas, comme les États-Unis, d'une importante biomasse à valoriser, s'implique néanmoins très fortement dans l'effort de recherche afin de profiter de la plus-value que cette recherche est susceptible d'apporter à ses industries chimiques.

---

<sup>43</sup> Voir par exemple la Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de labiomasse, par Industrie Canada et la coalition BioProduits Canada, 2004 ([http://www.bio-productscanada.org/pdf/fr\\_roadmap\\_book.pdf](http://www.bio-productscanada.org/pdf/fr_roadmap_book.pdf)).

## ***Une nouvelle organisation industrielle***

L'analyse de ce qui se fait de mieux, au niveau mondial, en matière d'exploitation de la biomasse à des fins non alimentaires, pour produire des bioénergies et des bioproduits, fait apparaître l'émergence d'une **nouvelle organisation industrielle**, basée sur les notions de **bioraffinerie** et de **grappe éco-industrielle**.

### ▪ **Le concept de bioraffinerie**

Le concept de **bioraffinerie** suppose la concentration, sur le même site, de différentes unités de transformation des agroressources, afin de réaliser des économies d'échelle, de bénéficier du maximum de synergies et de réduire les coûts de transport des matières premières utilisées. Dans une telle perspective, l'objectif industriel d'une bioraffinerie n'est pas seulement de fabriquer des biocarburants mais, sur le modèle du craquage pétrolier, de permettre la valorisation de tous les constituants des agroressources traitées, afin de donner une valeur marchande la plus élevée possible à l'ensemble des produits et coproduits (valorisation matière ET valorisation énergétique).

En **France**, un projet de programme national visant à produire des biocarburants à partir de la biomasse ligno-cellulosique est en cours d'élaboration sous l'égide de plusieurs ministères (Recherche, Industrie, Environnement et Agriculture), de plusieurs instituts de recherche et divers industriels, depuis mi-2004. L'ensemble de ce projet de recherche est coordonné par Christophe Jurczak, du ministère de l'Industrie, Maurice Dohy, de l'Ademe et Daniel Ballerini, de l'IFP. Daniel Ballerini est en charge de la coordination des trois axes suivants suivant lesquels la fabrication de « biocarburants ligno-cellulosiques » sera évaluée dans ce programme d'une durée prévue de quatre ans :

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

- les ressources, d'origines agricoles ou forestières, mais pouvant également être composées de déchets organiques (cette thématique est placée sous la responsabilité de Ghislain Gosse à l'Inra) ;
- la voie biologique (Daniel Ballerini, IFP) ;
- la voie thermochimique (Jean-Marie Seiler, CEA-Grenoble).

Ce programme, susceptible de déboucher au niveau européen dans le cadre du 7<sup>e</sup> PCRD, s'intègre dans le concept de bioraffinerie. Son ambition est de structurer la recherche française dans ce domaine, en partenariat avec les industriels intéressés (motoristes, pétroliers, équipementiers, filières biocarburants, agro-industrie, opérateurs énergétiques, etc.). Aujourd'hui axé sur les biocarburants pour des questions de marchés, ce programme a pour vocation de dépasser cette thématique et de s'étendre à la problématique plus large des bioproduits (biocarburants, biocombustibles, produits issus de la chimie verte et biomatériaux). Devant aboutir prochainement, le projet amènera probablement à construire une plate-forme industrielle de biocarburant de type BTL, puis une unité-pilote en mesure de produire 500 000 tonnes par an, lancée d'ici à 2010. Son financement, estimé à plusieurs dizaines de millions d'euros, devrait être bouclé en 2005 et les crédits publics en partie inscrits dans la loi de finance 2005. Du côté des industriels qui soutiennent ce projet en y apportant des moyens scientifiques et techniques, on retrouve Total, Renault, Air Liquide, Alstom, Maguin S.A.S., EdF, ainsi que divers producteurs de la filière agricole. Certaines régions ont déjà fait savoir qu'elles souhaitaient s'impliquer pour accueillir le site pilote ou participer à son fonctionnement. Le feu vert définitif des Pouvoirs publics est attendu pour 2005.

Reste à faire sauter un certain nombre de verrous technologiques, qui seront traités dans trois modules de recherche distincts, où travaillent pour l'heure des équipes du CEA, de l'IFP et du Cirad.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

Ces équipes sont coordonnées par Jean-Marie Seiler, du CEA Grenoble.

Le premier module porte sur la matière première ligno-cellulosique, selon trois thèmes de recherche ciblés :

- caractérisation et étude de la biomasse ;
- expérimentation de la thermolyse des ressources en biomasse sélectionnées (étude de la formation et de l'élimination des goudrons, etc.) ;
- modélisation des produits obtenus par gazéification.

Ce module de recherche a notamment pour but de préciser les disponibilités et les qualités requises de la biomasse, la faisabilité de sa collecte, l'acceptabilité sociale de la filière, ainsi que de retenir les bassins de production des ressources agricoles. L'une des questions posées est relative à la nécessité de disposer d'un volume suffisant de matière première, dans un rayon limité, afin de réduire au maximum les frais d'approche des lieux de culture vers les usines de transformation et de ne pas compromettre le bilan énergétique positif que représentent ces filières du point de vue de la réduction de l'effet de serre.

Le deuxième volet de recherche porte sur les technologies susceptibles d'être transférées à l'échelon industriel. Des tests sont en cours de réalisation sur des installations existantes du CEA, de l'IFP et du Cirad, qui sont - pour l'heure - de dimensions suffisantes. Trois pistes seront explorées, à différentes températures : la vapogazéification en lit fixe, en lit entraîné et en lit fluidisé.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

Différents aspects feront l'objet des études, notamment :

- la manipulation de matière sèche issue, après chauffage à 120-150 °C, de la biomasse pour l'introduire dans un réacteur sous pression ;
- le degré optimum de pureté du gaz de synthèse, ce paramètre étant d'autant meilleur que la température qui règne dans le réacteur est plus élevée ;
- les proportions optimales d'oxyde de carbone et d'hydrogène dans le gaz de synthèse pour que le procédé Fischer-Tropsch produise les meilleurs résultats.

Enfin, les conclusions des deux premiers groupes de travail permettront de définir la conception et d'élaborer le cahier des charges de la plate-forme de gazéification, première étape de l'unité pilote. En mesure de traiter 500 kilogrammes à une tonne de biomasse par heure, la plate-forme a pour ambition une meilleure compréhension des étapes de mise en œuvre. Son rendement initial devrait se situer entre 15 et 20 %, bien qu'il soit possible - du moins sur le papier - d'atteindre 40 %. Ainsi, 10 tonnes de bois sec - la production annuelle d'un hectare de forêt<sup>44</sup> - devraient produire de 2 à 4 tonnes d'hydrocarbures. Un paramètre critique est l'énergie (gaz naturel, fioul, biomasse, etc.) qui sera utilisée pour atteindre des températures excédant 1000 °C, indispensables pour obtenir un gaz de synthèse de qualité optimale. La plate-forme devrait par ailleurs permettre les premières études de coût, de rentabilité et de prix de revient du produit obtenu. D'un point de vue pratique relatif à l'implantation d'usines, les experts interrogés pensent qu'une production industrielle à grande échelle devra être éclatée entre des petites unités de production de gaz de synthèse situées au plus près de la production de la biomasse (régions forestières, zones agricoles, etc.) et des grosses unités de conversion en carburant liquide. Dans

---

<sup>44</sup> En Suède, la productivité forestière atteint 15 tonnes par hectare et par an.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

une telle perspective, le gaz de synthèse serait transporté par la route sur des courtes distances, par chemin de fer ou gazoduc sur des distances plus longues.

Des projets analogues voient le jour ailleurs en Europe, comme en **Allemagne**, où Volkswagen et DaimlerChrysler, dans le cadre d'une société commune Choren Industries, développent un procédé de gazéification propriétaire breveté dénommé Carbo-V<sup>45</sup>. Les deux constructeurs bénéficient de crédits européens, dans le cadre du programme RENEW du 6<sup>e</sup> PCRD<sup>46</sup>. Les français EDF et Renault sont associés à ces recherches. Quelque 70 ingénieurs et techniciens travaillent sur d'anciennes unités de gazéification au charbon de l'ancienne Allemagne de l'Est, reconverties à la biomasse. Une installation pilote de taille importante fonctionne déjà à Freiberg (Styrie), capable de produire près de 15 000 tonnes de biocarburant à partir de 2005. Une nouvelle unité de production de 200 000 tonnes est également à l'étude et une capacité de production d'un million de tonnes est prévue à l'horizon 2010, au prix d'un investissement estimé à près de 2 milliards d'euros. Shell en **Suède** (unité pilote en construction), au **Canada** et en **Australie**, la **Finlande** avec VTT et Sydkraft ont également engagé des projets pour produire, non seulement des biocarburants, mais aussi de l'hydrogène, de la chaleur et/ou de l'électricité. Ces projets s'accompagnent d'importants soutiens financiers des États ou des régions. En **Autriche**, le ministère fédéral du transport, de l'innovation et de la technologie BMVIT (*Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie*) finance une ligne d'action intitulée *Fabrik der Zukunft* - « l'usine de demain » - portant notamment sur le concept

<sup>45</sup> Choren Industries estime que son procédé Carbo-V est à 3 à 5 ans d'avance sur les développements concurrents. Au CEA, on admet cette avance, mais sans la chiffrer...

<sup>46</sup> Le programme RENEW (Renewable fuels for advanced powertrains) se donne pour objectif de développer différentes méthodes de production de combustibles à partir de la biomasse et d'en faire une étude comparative. L'IFP avait soumis un projet concurrent, mais la Commission européenne a retenu le projet allemand au motif qu'il associait des constructeurs automobiles.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

de bioraffinerie. La **Chine** lance la réalisation d'une importante unité industrielle, qui produira du carburant BTL à partir de paille de riz. Aux **États-Unis**, le laboratoire national des énergies renouvelables NREL (*National Renewable Energy Laboratory*, DoE) cofinance, avec le groupe chimique Dupont de Nemours, un projet de création d'une bioraffinerie pour produire, à partir de maïs (plante entière) et d'autres ressources renouvelables, des biocarburants et des molécules chimiques à haute valeur ajoutée. Fin 2003, Dupont et le NREL ont conclu ainsi un accord de recherche d'une durée de 4 ans et un coût voisin de 40 millions de dollars, la moitié provenant du budget fédéral et du budget de l'État du Michigan.

▪ **Vers une écologie industrielle**

Les différents projets de bioraffineries (prototypes de recherche, installations pilotes, développements industriels, etc.) qui émergent dans le monde, notamment en Amérique du nord mais aussi en Europe, conduisent à la notion de **grappes éco-industrielles**. Cette forme d'organisation d'entreprises repose sur le regroupement géographique d'entreprises, mais aussi d'instituts de recherches et d'universités, qui fonctionnent de façon coordonnée, en produisant une gamme de bioproduits à partir d'une ou de plusieurs bioressources. L'objectif d'une grappe est d'obtenir la valeur ajoutée la plus haute possible tout en laissant l'empreinte la plus légère possible sur l'environnement. Dans une telle perspective, les divers coproduits et l'énergie résiduelle d'une entreprise servent d'intrants à d'autres entreprises et, par effet de synergie, toutes ces entreprises peuvent atteindre un degré d'éco-efficience supérieur à celui qu'elles auraient atteint individuellement.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

Les grappes peuvent apporter d'autres avantages aux entreprises participantes, notamment :

- en leur donnant accès aux ressources intellectuelles qui se trouvent dans le voisinage immédiat ;
- en attirant des compétences situées en dehors de la grappe ;
- en mutualisant, au sein de la grappe, la gestion des ressources humaines ;
- en s'appuyant sur les entreprises de tête dans la grappe pour pénétrer les marchés étrangers ;
- en collaborant avec les écoles locales et les établissements d'enseignement supérieur pour élaborer des programmes d'études qui répondent aux besoins de l'industrie en R&D et en ressources humaines ;
- en élaborant des structures d'accompagnement pour aider les entreprises en démarrage ;
- en gagnant une reconnaissance mondiale pour l'excellence technique et commerciale ;
- en attirant au départ des investisseurs de capital risque et en produisant des fonds de démarrage au sein de la grappe en vue du financement de jeunes pousses.

Chap. 0 : Introduction  
Chap. 1 : Environnement du projet  
Chap. 2 : Étalonage des pôles existants et meilleures pratiques  
Chap. 3 : Propositions de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques C  
Chap. 4 : Opportunités de développement exogène  
Chap. 5 : Nouvelles voies de recherche sur les coproduits  
Annexe : Produits chimiques à haute valeur ajoutée issus de la biomasse



## Chap. 3 : Propositions de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques

En se fondant sur les leçons tirées des chapitres précédents, l'objectif visé par cette partie est de formuler des propositions pour le développement d'un pôle de compétences technologiques, d'une part en formalisant la vision stratégique et, d'autre part, en identifiant précisément des pistes d'actions possibles.

### *Formalisation de la vision stratégique*

#### ▪ **réation d'un pôle Biomasse en région Centre**

Partant de la thématique « biocarburants et coproduits », l'analyse réalisée (voir chapitres précédents) révèle qu'un cadre plus général se dessine s'agissant de l'exploitation de la biomasse : celui des « bioénergies et des bioproduits ». Il apparaît stratégique que l'ambition régionale relative au développement d'une filière biocarburants s'inscrive dans une telle perspective, et que la région Centre devienne ainsi un **pôle d'excellence dans le domaine de la biomasse**, couvrant le secteur des bioénergies et celui des bioproduits.

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

▪ **Identification des leviers**

Pour aboutir à la réalisation d'un tel scénario, tenant compte du contexte territorial (forces, faiblesses, etc.) et du contexte externe au territoire (opportunités, menaces, etc.), il apparaît opportun que la région Centre porte ses efforts selon les **quatre axes** suivants :

- l'industrie, en développant l'offre industrielle relative à cette thématique ;
- la recherche scientifique, en concentrant les efforts de recherche sur des thématiques ciblées ;
- la formation, en structurant l'enseignement supérieur de façon appropriée ;
- l'intelligence économique, en mettant sur pied et en entretenant un dispositif de veille stratégique spécifique.

***Pistes d'actions possibles***

▪ **Des actions sur trois échelles de temps**

Un certain nombre d'actions peuvent être entreprises dès à présent, pour des réalisations à court (2005-2007), moyen (2007-2010) et long (2010-2015 et au delà) termes. Le tableau suivant présente plusieurs pistes pour atteindre les quatre objectifs identifiés ci-avant.

Tableau 1 - Pistes d'actions possibles

	Court terme (2005-2007)	Moyen terme (2007-2010)	Long terme (2010-2015 et au delà)
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Répondre aux appels d'offres du plan gouvernemental pour les biocarburants de première génération (1<sup>ère</sup> tranche, échéance le 16 mars 2005) ; possibilité de montée en puissance dès 2005 des deux distilleries de la région travaillant à partir de la betterave à Toury (Eure-et-Loire) avec le groupe Vermandoise et à Artenay (Loiret) avec le groupe Tereos</li> <li>• Rejoindre le programme national sur les biocarburants de 2<sup>e</sup> génération (R&amp;D)</li> <li>• <b>Constituer une association faisant l'interface entre les scientifiques/chercheurs et les acteurs politiques et économiques régionaux (partenaires publics, partenaires scientifiques, partenaires socio-professionnels, partenaires de l'économie agroindustrielle, etc.)</b></li> <li>• Construire une usine de bioéthanol (pérennité de la filière betterave au sud de Paris)</li> <li>• <b>Renforcer et amplifier les structures d'accueil pour les entreprises innovantes (incubation, accompagnement, portage, etc.)</b></li> <li>• <b>Créer une société de recherche et développement financée par la filière amont (coopératives de collecte et de stockage, industries sucrières, etc.)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcer la R&amp;D en motorisation, en misant sur l'utilisation des biocarburants et systèmes hybrides (constructeurs, équipementiers automobiles)</li> <li>• Valoriser la production régionale de blé et de betterave en rejoignant des projets de production d'éthanol carburant réalisés en dehors de la région (par le groupe Tereos à Lillebonne en Seine Maritime [transformation de blé] et à Origny-Sainte-Benoîte dans l'Aisne [transformation de betteraves], ainsi que par le groupe Cristal Union à Bazancourt-Pomacle dans la Marne [transformation de céréales et de betteraves])</li> <li>• Répondre aux appels d'offres du plan gouvernemental pour les biocarburants de première génération (2<sup>e</sup> tranche)</li> <li>• <b>Attirer un (des) grand(s) groupe(s) industriel(s) (développement exogène) pour la production de biocarburants de 2<sup>e</sup> génération (allemand Choren Industries, canadien Iogen, etc.)</b></li> <li>• Renforcer le transfert de technologies vers les PME en s'appuyant sur les structures existantes (Aritt, Critt Innophyt) et sur la base d'une conférence annuelle entre responsables scientifiques, industriels et responsables administratifs et politiques</li> <li>• <b>Développer une filière bioproduits sur une thématique donnée (cosmétique ?, emballage/conditionnement ?, agriculture raisonnée ?, nutrition/santé ?, solvants ?, etc.) et à partir de plante(s) judicieusement choisie(s) (blé ?, betterave ?, colza ?, etc.)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Concevoir et construire (développement endogène) une bioraffinerie (filiale ligno-cellulosique) = identifier un porteur qui se chargera de la conception et de la réalisation</b></li> <li>• Susciter et accompagner la création d'entreprises (soutien au développement endogène)</li> <li>• Organiser et structurer la distribution et le marketing de produits innovants (marchés périphériques)</li> <li>• Fédérer les entreprises et autres acteurs en cluster pour regrouper des compétences ou expertises complémentaires éparses (grappe éco-industrielle)</li> <li>• Création de labels ou normes certifiés pour les bioproduits industriels répondant à des spécifications bien définies (biodégradabilité, innocuité sur la santé ou l'environnement, etc.)</li> <li>• En amont de la voie ligno-cellulosique, constituer une filière de collecte, de transport et de stockage de la biomasse (logistique)</li> <li>• Exploiter les possibilités offertes par le développement des biotechnologies et du génie génétique (transgénèse, procédés, etc.)</li> </ul>
Recherche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Répondre aux appels à projet dans le cadre d'AgriCe (bioénergies, biomatériaux) ; mieux informer les partenaires (éventuellement dans le cadre de l'association)</b></li> <li>• Rejoindre le programme national sur les biocarburants de 2<sup>e</sup> génération (recherche)</li> <li>• Accéder aux programmes de recherche européens du 6<sup>e</sup> PCRD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accéder aux programmes de recherche européens du 7<sup>e</sup> PCRD (2006-2010, plan Biomass)</li> <li>• Créer une fondation de recherche « bioénergies et biomatériaux » en partenariat public/privé (financement de thèses)</li> <li>• <b>Rechercher de nouvelles valorisation de coproduits (chimie)</b></li> <li>• Initier et soutenir des recherches sur l'amélioration des technologies existantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anticiper le passage vers le vecteur énergétique H2 (les carburants verts sont des carburants de transition)</li> <li>• Développer des partenariat de recherche avec des pays avancés (États-Unis, Allemagne, Japon, Chine, etc.)</li> <li>• Constituer une banque de données sur les ressource en biomasse susceptibles d'être valorisées (plantes cultivées ou autres)</li> <li>• Recherches en biotechnologies appliquées (génomique, enzymologie, microbiologie,</li> </ul>

	<p>(Bioenergy NoE)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fédérer les organismes publics de recherche autour de la thématique des bioproduits et des bioénergies, de manière à pouvoir intégrer des programmes de recherche de grande envergure (nationaux ou européens)</li> </ul>	<p>(procédés, etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Créer un Centre national de recherche technologique (CNRT) dédié au développement de nouvelles filières de transformation industrielle du végétal (partenariats recherche-industrie, réseau inter-régional de compétences européen, etc.)</li> </ul>	<p>etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Susciter des recherches en motorisation (universités, grandes écoles)</li> </ul>
Formation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valoriser et adapter l'offre de formation existante (enseignement supérieur)</li> <li>Renforcer le rôle du Centre de culture scientifique et technique (CCSTI) Centre.Sciences</li> <li>(Le cas échéant, créer un partenariat avec le pôle de compétitivité « Industries &amp; Agro-ressources » de Champagne-Ardenne et Picardie); cette proposition est valable pour les autres catégories de propositions et également pour d'autres régions (Aquitaine, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Créer une chaire « bioénergies et bioproduits » (Orléans, Tours)</li> <li>Implanter une antenne d'une école d'ingénieur existante sur le territoire national/européen (école d'agronomie, de chimie-physique, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Créer un établissement d'enseignement supérieur spécialisé dans l'exploitation durable du végétal à usage non alimentaire (école d'ingénieurs)</li> <li>Créer une école doctorale (formation des futurs chercheurs)</li> </ul>
Intelligence économique - Promotion et communication	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réaliser une veille collective (sensibiliser, informer, identifier les opportunités, etc.)</li> <li>Créer une cellule de veille</li> <li>Promouvoir l'utilisation des huiles végétales brutes (lobbying)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organiser une conférence annuelle et de portée internationale en région Centre (R, R&amp;D, transferts à l'industrie)</li> <li>Mener des actions de « marketing territorial » (participation à un salon B.I.O.)</li> <li>Développer une plate-forme d'intelligence économique (extranet) dédiée aux acteurs de la région Centre (bioproduits, bioénergies)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organiser différentes prestations événementielles (salons professionnels, conventions d'affaires, etc.)</li> <li>Créer un centre d'intelligence économique Biomasse (veilles, alertes, produits d'intelligence économique, etc.)</li> </ul>

*Proposition de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques*

▪ **Choix d'actions prioritaires**

Les différentes pistes, présentées lors d'une réunion du Comité de pilotage, ont été examinées et commentées individuellement. Celles qui, dans une première approche, ont retenu l'attention des membres du Comité apparaissent en gras dans le tableau. Un examen plus poussé de ces propositions a finalement conduit à la sélection des pistes suivantes :

- attirer un ou des groupes industriels pour la production de biocarburants de 2<sup>e</sup> génération ;
- déterminer de nouvelles thématiques de recherche sur les coproduits (caractérisation de coproduits inédits, nouvelles valorisations, etc.) ;
- structurer les acteurs régionaux dans une vision pôle de compétences (cet axe regroupe plusieurs propositions élémentaires du tableau) ;
- déterminer les programmes de recherche et les besoins des chercheurs pour les carburants de 2<sup>e</sup> génération et au-delà ;
- développer des bioproduits sur les filières Cosmétique et Emballage-conditionnement.

Par ailleurs, il est convenu par le Comité de pilotage d'envisager un partenariat avec d'autres régions françaises (Aquitaine, Champagne-Ardenne, Picardie, etc.) qui disposent de capacités importantes dans le domaine.

L'Adit a la charge de développer les deux premières pistes.

Chap. 0 : Introduction  
Chap. 1 : Environnement du projet  
Chap. 2 : Étalonnage des pôles existants et meilleures pratiques  
Chap. 3 : Propositions de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques  
**Chap. 4 : Opportunités de développement exogène C**  
Chap. 5 : Nouvelles voies de recherche sur les coproduits  
Annexe : Produits chimiques à haute valeur ajoutée issus de la biomasse

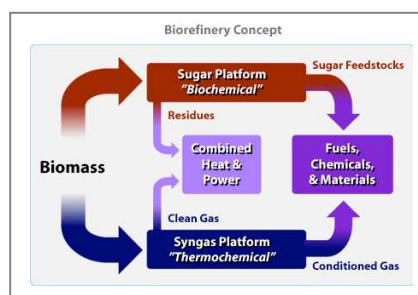


## Chap. 4 : Opportunités de développement exogène

Il s'agit ici d'identifier des groupes industriels susceptibles de venir s'implanter en région Centre pour y produire des biocarburants de deuxième génération (éthanol cellulosique et/ou BTL). Dans un deuxième temps, l'Agence de développement économique CentrÉco pourra approcher les entreprises ciblées, mettant en valeur les atouts régionaux. **Deux catégories**

**de bioraffineries** ont été identifiées : celles empruntant la voie **biochimique** (*Sugar Platform*) et celles qui ont recours au procédé

**thermochimiques** (*Syngas Platform*). À la base de chaque type de bioraffinerie, des équipements et procédés industriels spécifiques assurent la production, par la conversion de la biomasse mise en œuvre, d'une part de chaleur et d'électricité (cogénération) et, d'autre part, de biocarburants et de coproduits (produits chimiques, matériaux).



## ***Voie biochimique***

### ▪ **Plate-forme « sucre »**

Le concept de plate-forme « sucre », largement développé par le laboratoire américain NREL (*National Renewable Energy Laboratory*), repose sur la fermentation des sucres extraits de la biomasse et leur transformation en alcool. Les technologies de conversion biochimique mettent en œuvre trois étapes élémentaires :

- conversion de la biomasse brute en sucre [ou en tout autre substrat] (dissociation mécanique, prétraitement en milieu acide, hydrolyse enzymatique, etc.) ;
- fermentation [ou autre transformation biocatalytique] des composés obtenus en présence de biocatalyseurs (levures, bactéries, etc.) ;
- traitement final des produits issus de la fermentation [ou biotransformation] (biocarburants, coproduits, etc.).

En matière de développements industriels, des efforts importants portent actuellement sur les **technologies de prétraitement** de la biomasse brute, pour décomposer les hémicelluloses en sucres (prétraitements avancés, techniques de fractionnement, hydrolyse acide, hydrolyse enzymatique, composition analytique de la biomasse, etc.). Ces efforts concernent également le développement, à des coûts économiquement acceptables, d'**enzymes cellulolytiques** capables de transformer efficacement la cellulose en glucose (activité spécifique des enzymes, coûts de production, etc.). Ces efforts portent enfin sur le développement de **catalyseurs** pour la synthèse de coproduits à haute valeur ajoutée à partir des sucres (voir le *Chapitre 5* sur ce point particulier).

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Opportunités de développement exogène*

Un autre aspect des efforts engagés concerne l'**intégration** des technologies de conversion de la biomasse à l'échelon industriel, ainsi que les activités de production, notamment celle de coproduits, dans le but d'asseoir la viabilité commerciale et industrielle des technologies déployées.

La section suivante présente, sous la forme de fiches synoptiques, des entreprises impliquées mondialement dans la production d'éthanol cellulosique par voie biochimique. Chaque fiche comporte, outre le nom et la localisation de la société, des informations sur les technologies mises en œuvre pour la production. Enfin, pour faciliter la prise de contacts dans le but d'une implantation en région Centre, les fiches comportent les références des directions en charge du *Business Development* (nom d'une personne contact, téléphone, courrier électronique, site Internet).

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

Opportunités de développement exogène

▪ Répertoire d'entreprises (ordre alphabétique)

ENTREPRISE	<b>Abengoa Bioenergy</b>		
VILLE	Séville et St. Louis, Missouri	PAYS	Espagne et Etats-Unis
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	fractionnement thermochimique et hydrolyse enzymatique, fermentation des sucres produits		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Joaquín Alarcón de la Lastra, <i>Director of Business Development</i>		
TEL.	(+1) 636 728 0508 ou (+34) 95 493 7111	MAIL	<a href="mailto:abengoabionergia@abengoa.com">abengoabionergia@abengoa.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.abengoabioenergy.com">http://www.abengoabioenergy.com</a>		

ENTREPRISE	<b>Arkenol</b>		
VILLE	Irvine, Californie	PAYS	Etats-Unis
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	hydrolyse acide concentré de la cellulose et des hémicelluloses		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Michael Fatigati, <i>VP - Engineering &amp; Project Development</i>		
TEL.	(+1) 949 588 3767, ext. 302	MAIL	<a href="mailto:mfatigati@arkenol.com">mfatigati@arkenol.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.arkenol.com">http://www.arkenol.com</a>		

ENTREPRISE	<b>BC International Corporation</b>		
VILLE	Dedham, Massachusetts	PAYS	Etats-Unis
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	hydrolyse acide ménagée des hémicelluloses et de la cellulose ; fermentation des sucres en éthanol à l'aide de microorganismes génétiquement modifiés		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	John Doyle, <i>Vice President, Business Development &amp; Operations</i>		
TEL.	(+1) 781 461 5700	MAIL	<a href="mailto:inquiries@bcintlcorp.com">inquiries@bcintlcorp.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.bcintlcorp.com">http://www.bcintlcorp.com</a>		

**Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits**

*Opportunités de développement exogène*

ENTREPRISE	<b>Bioresearch Engineering Inc. (BRI)</b>		
VILLE	Fayetteville, Arkansas	PAYS	Etats-Unis
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	gazéification ; fermentation des gaz de synthèse en éthanol avec des microorganismes ; distillation de l'éthanol		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	William Bruce, <i>President and Managing Member</i>		
TEL.	(+1) 386 423 0120 ou (+1) 407 421 3745	MAIL	<a href="mailto:wfbruce@bellsouth.net">wfbruce@bellsouth.net</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.brienergy.com">http://www.brienergy.com</a>		

ENTREPRISE	<b>Dupont De Nemours</b>		
VILLE	Wilmington, Delaware	PAYS	Etats-Unis
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	Mise au point d'enzymes cellulolytiques (avec la société californienne Diversa Corporation)		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Charles Holliday, <i>Chairman and CEO</i>		
TEL.	(+1) 302 774 1000	MAIL	<a href="mailto:find.info@usa.dupont.com">find.info@usa.dupont.com</a> ou <a href="http://www2.dupont.com/DuPont_Home/en_US/faq.html#contact">http://www2.dupont.com/DuPont_Home/en_US/faq.html#contact</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.dupont.com">http://www.dupont.com</a>		

ENTREPRISE	<b>Iogen Corporation</b>		
VILLE	Ottawa, Ontario	PAYS	Canada
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	hydrolyse enzymatique de la cellulose ; fermentation des sucres ; mise au point du procédé SSF ( <i>simultaneous saccharification and fermentation</i> )		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Service <i>Marketing and Communications</i>		
TEL.	(+1) 613 733 9830	MAIL	<a href="mailto:info@iogen.ca">info@iogen.ca</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.iogen.ca">http://www.iogen.ca</a>		

**Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits**

*Opportunités de développement exogène*

Entreprises à surveiller (ordre alphabétique) :

ENTREPRISE	<b>BioMaxx Systems Inc.</b>		
VILLE	Toronto, Ontario	PAYS	Canada
TEL.	(+1) 416 915 2855	MAIL	<a href="mailto:info@biomaxxsystems.com">info@biomaxxsystems.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.biomaxxsystems.com">http://www.biomaxxsystems.com</a>		

ENTREPRISE	<b>Etek Etanolteknik</b>		
VILLE	Örnsköldsvik	PAYS	Suède
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	hydrolyse enzymatique de la biomasse ; fermentation des sucres ; pilote industriel du projet de recherche européen NILE ( <i>New Improvements in Ligno-cellulosic Ethanol</i> ) coordonné par l'Institut français du pétrole (IFP)		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Gunnar Fransson, <i>Managing Director</i>		
TEL.	(+46) (0)660 751 94 ou (+46) (0)70 575 29 60	MAIL	<a href="mailto:gunnar.fransson@etek.se">gunnar.fransson@etek.se</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.etek.se/main.cfm?sprak=en">http://www.etek.se/main.cfm?sprak=en</a>		

### *Voie thermochimique*

- **Plate-forme «syngas»**

Le concept de plate-forme « syngas », également développé en grande partie par le NREL, repose sur la transformation de la biomasse, par des traitements thermiques appropriés, en gaz de synthèse ou, également, en huiles de pyrolyse. Alors que la production de syngas est réalisée par gazéification en atmosphère appauvrie en oxygène, la pyrolyse a lieu en absence d'oxygène<sup>47</sup>. Les gaz de synthèse, comme les huiles de pyrolyse, sont ultérieurement transformés en biocarburants ou autres produits chimiques.

<sup>47</sup> D'autres paramètres, comme la température, conditionnent l'évolution du traitement thermique vers la gazéification ou vers la pyrolyse.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

Opportunités de développement exogène

À l'échelon industriel, les principaux efforts portent sur l'étape de **production** (propreté, conditionnement, etc.) et celle de l'**utilisation du syngas** (synthèse de biocarburants, de coproduits dérivés, cogénération, etc.), ainsi que sur l'**intégration** industrielle des technologies et procédés (*scale up*).

La section suivante propose des fiches d'identité de partenaires industriels potentiels pour la production de biocarburants de deuxième génération par voie thermochimique.

▪ **Répertoire d'entreprises (ordre alphabétique)**

ENTREPRISE	<b>Abengoa Bioenergy</b>		
VILLE	Séville et St. Louis, Missouri	PAYS	Espagne et États-Unis
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	gazéification de la biomasse		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Joaquín Alarcón de la Lastra, <i>Director of Business Development</i>		
TEL.	(+1) 636 728 0508 ou (+34) 95 493 7111	MAIL	<a href="mailto:abengoabionergia@abengoa.com">abengoabionergia@abengoa.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.abengoabioenergy.com">http://www.abengoabioenergy.com</a>		

ENTREPRISE	<b>Biofuel BV</b>		
VILLE	Heemskerk	PAYS	Pays-Bas
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	liquéfaction de la biomasse par le procédé HTU ( <i>hydrothermal upgrading</i> )		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Jaap Naber		
TEL.	(+31) 251234601	MAIL	<a href="mailto:naber@biofuel.com">naber@biofuel.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.mep.tno.nl/EET_projecten/EETK97002.html">http://www.mep.tno.nl/EET_projecten/EETK97002.html</a>		

**Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits**

*Opportunités de développement exogène*

ENTREPRISE	<b>Biomass Technology Group (BTG)</b>		
VILLE	Enschede	PAYS	Pays-Bas
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	techniques de gazéification, notamment à l'eau supercritique ; liquéfaction de la biomasse par pyrolyse flash		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Frans Feil, <i>Business Development</i>		
TEL.	(+31) 53 486 11 95	MAIL	<a href="mailto:feil@btgworld.com">feil@btgworld.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.btgworld.com">http://www.btgworld.com</a>		

ENTREPRISE	<b>Changing World Technologies</b>		
VILLE	West Hampstead, New-York	PAYS	États-Unis
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	liquéfaction hydrothermique par le procédé TCP ( <i>Thermal Conversion Process</i> )		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Joseph Franceschi, <i>Vice President Business Development</i>		
TEL.	(+1) 516 486 0100	MAIL	<a href="http://www.changingworldtech.com/who/contact.asp">http://www.changingworldtech.com/ who/contact.asp</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.changingworldtech.com">http://www.changingworldtech.com</a>		

ENTREPRISE	<b>Choren Industries</b>		
VILLE	Freiberg	PAYS	Allemagne
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	gazéification par le procédé Carbo-V		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Matthias Rudloff, <i>Business Development Manager</i>		
TEL.	(+49) (0) 3731 266222	MAIL	<a href="mailto:matthias.rudloff@choren.com">matthias.rudloff@choren.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.choren.de">http://www.choren.de</a>		

**Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits**

*Opportunités de développement exogène*

ENTREPRISE	<b>DynaMotive</b>		
VILLE	Vancouver, British Columbia	PAYS	Canada
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	liquéfaction de la biomasse par pyrolyse ; conversion des huiles en gaz de synthèse		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Richard Lin, <i>Chairman</i>		
TEL.	(+1) 604 267 6000	MAIL	<a href="mailto:richard.lin@dynamotive.com">richard.lin@dynamotive.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.dynamotive.com">http://www.dynamotive.com</a>		

ENTREPRISE	<b>EnerTech Environmental</b>		
VILLE	Atlanta, Georgia	PAYS	États-Unis
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	liquéfaction hydrothermique directe par le procédé SlurryCarb		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Clifford Gould, <i>Senior Vice President and General Counsel</i>		
TEL.	(+1) 404 355 3390	MAIL	<a href="mailto:slurrycarb@enertech.com">slurrycarb@enertech.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.enertech.com">http://www.enertech.com</a>		

ENTREPRISE	<b>Ensyn Technologies</b>		
VILLE	Ottawa , Ontario	PAYS	Canada
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	liquéfaction de la biomasse par pyrolyse selon le procédé RTP ( <i>Rapid Thermal Processing</i> )		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Robert G. Graham, <i>Chairman, Chief Executive Officer</i>		
TEL.	(+1) 613 248 2257	MAIL	<a href="mailto:rgraham@ensyn.com">rgraham@ensyn.com</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.ensyn.com">http://www.ensyn.com</a>		

ENTREPRISE	<b>Vapo</b>		
VILLE	Jyväskylä	PAYS	Finlande
TECHNOLOGIE EMPLOYEE	pyrolyse rapide		
CONTACT BUSINESS DEVELOPMENT			
NOM	Nieminen Karel, <i>Business Development</i>		
TEL.	(+358) (0)9 5762 5862 ou (+358) (0)40 768 5594	MAIL	<a href="mailto:karel.nieminen@vapo.fi">karel.nieminen@vapo.fi</a>
SITE INTERNET	<a href="http://www.vapo.fi">http://www.vapo.fi</a>		

Chap. 0 : Introduction  
Chap. 1 : Environnement du projet  
Chap. 2 : Étalonage des pôles existants et meilleures pratiques  
Chap. 3 : Propositions de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques  
Chap. 4 : Pistes d'actions pour un développement exogène  
**Chap. 5 : Nouvelles voies de recherche sur les coproduits C**  
Annexe : Produits chimiques à haute valeur ajoutée issus de la biomasse



## **Chap. 5 : Nouvelles voies de recherche sur les coproduits**

Il s'agit dans cette partie de définir de nouvelles thématiques de recherche relatives aux coproduits, telles que la caractérisation de coproduits inédits ou de nouvelles modalités de valorisations.

### ***Le travail pionnier de deux laboratoires américains***

#### **▪ Recherche de composés à haute valeur ajoutée issus de la biomasse**

En 2002, le Bureau de la Maîtrise de l'énergie et Énergies renouvelables EERE (*Energy Efficiency and Renewable Energy*) du ministère américain de l'Énergie DoE (*Department of Energy*) a rassemblé, dans un Programme Biomasse unique, les différents programmes existants relatifs aux bioproduits et aux bioénergies. Ce *Biomass Program* met l'accent sur la construction de bioraffineries en vue de la production, outre de biocarburants, de divers produits à très haute valeur ajoutée.

*Nouvelles voies de recherche sur les coproduits*

Dans ce cadre, le Bureau du *Biomass Program* a demandé à deux laboratoires de recherche, le NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) et le PNNL (*Pacific Northwest National Laboratory*), de réaliser une étude pour identifier les dix meilleures opportunités en matière de production de composés à haute valeur ajoutée issus de la biomasse, capables, tant sur un plan économique qu'à l'échelon technologique, de soutenir la production de carburants ou d'énergie électrique dans le contexte d'une bioraffinerie intégrée. La mission confiée à ces deux laboratoires concerne aussi l'identification des verrous technologiques qui devront être levés.

Dans un récent rapport - le premier en la matière - le NREL et le PNNL ont présenté les premiers résultats de ce travail<sup>48</sup>. Ces investigations ont conduit à l'identification d'un nombre restreint de composés dérivés de sucres et de gaz de synthèse, jugés prometteurs pour « tirer » efficacement l'activité économique des bioraffineries et dynamiser cette filière. Cette section se propose de présenter les principales conclusions de l'étude citée, qui répond, dans une très large mesure, à la problématique traitée ici.

#### ▪ **Méthodologie de criblage**

Dans un premier temps, plus de 300 composés issus de la biomasse et pressentis comme de potentielles briques élémentaires pour une chimie verte à haute valeur ajoutée ont été identifiés. Une base de données a été constituée, en renseignant notamment les différents champs suivants :

- nom et structure chimique des composés ;
- biomasse matière première exploitée ;

---

<sup>48</sup> *Top Value Added Chemicals from Biomass, Volume I—Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas. Produced by the Staff at the Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) and the National Renewable Energy Laboratory (NREL), Office of Biomass Program (EERE) for the Office of the Biomass Program, T. Werpy and G. Petersen, Editors, August 2004.* Ce document, présenté en annexe, peut être téléchargé à l'URL : <http://www.eere.energy.gov/biomass/pdfs/35523.pdf>.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Nouvelles voies de recherche sur les coproduits*

- procédés de production actuels et envisagés dans l'avenir ;
- produits et usages actuels ou futurs ;
- données bibliographiques disponibles, telles que rapports et études d'origines industrielle ou académique.

Un tri a ensuite été réalisé, en utilisant une méthode de criblage couramment employé dans l'industrie pétrolière et basée sur une arborescence permettant d'identifier les matières premières (*Raw materials*), les principaux produits chimiques (*Commodity chemicals*), les produits chimiques secondaires (*Secondary commodity chemicals*), les composés intermédiaires (*Intermediates*) et, enfin, les produits finis et biens de consommation (*Finished products and consumer goods* ; voir la **Figure 8**).

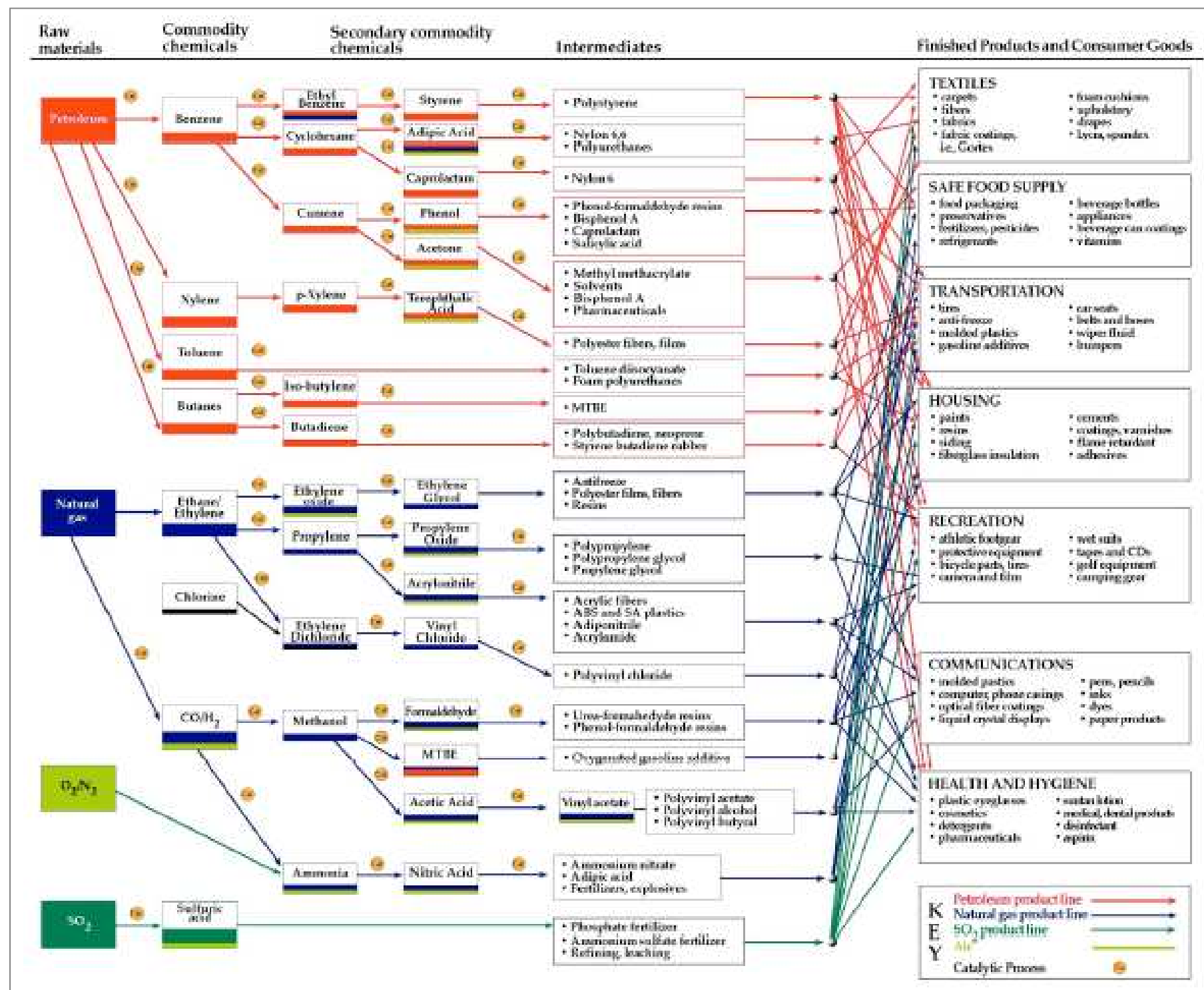


Figure 8 - Organigramme pour des produits pétroliers

Utilisations du pétrole, du gaz naturel, de l'oxygène et de l'azote et du dioxyde de soufre. Ce diagramme est tiré du document annexé à cette étude (voir en page 10, la Figure 2 - *An example of a Flow-Chart for Products from Petroleum-Based Products*).

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Nouvelles voies de recherche sur les coproduits*

S'agissant des bioproduits, un procédé itératif analogue, basé sur l'évaluation des candidats potentiels au regard des informations scientifiques et techniques disponibles ou de données sur les marchés, a permis d'élaborer un organigramme comportant les éléments suivants (voir la **Figure 9**) :

- matières premières (*Biomass Feedstocks* ; exemple : amidon) ;
- plates-formes intermédiaires (*Intermediate Platforms* ; exemple : plate-forme sucre) ;
- composés élémentaires ou blocs structuraux (*Building Blocks* ; exemple : acide lactique produit à partir de glucose) ;
- produits chimiques secondaires (*Secondary Chemicals* ; exemple : acrylates dérivés d'acide lactique) ;
- produits intermédiaires (*Intermediates* ; exemple : polyacrylates) ;
- produits finaux ou usages (*Products/Uses* ; exemple : utilisation industrielle des polyacrylates pour le traitement des circuits d'eau).

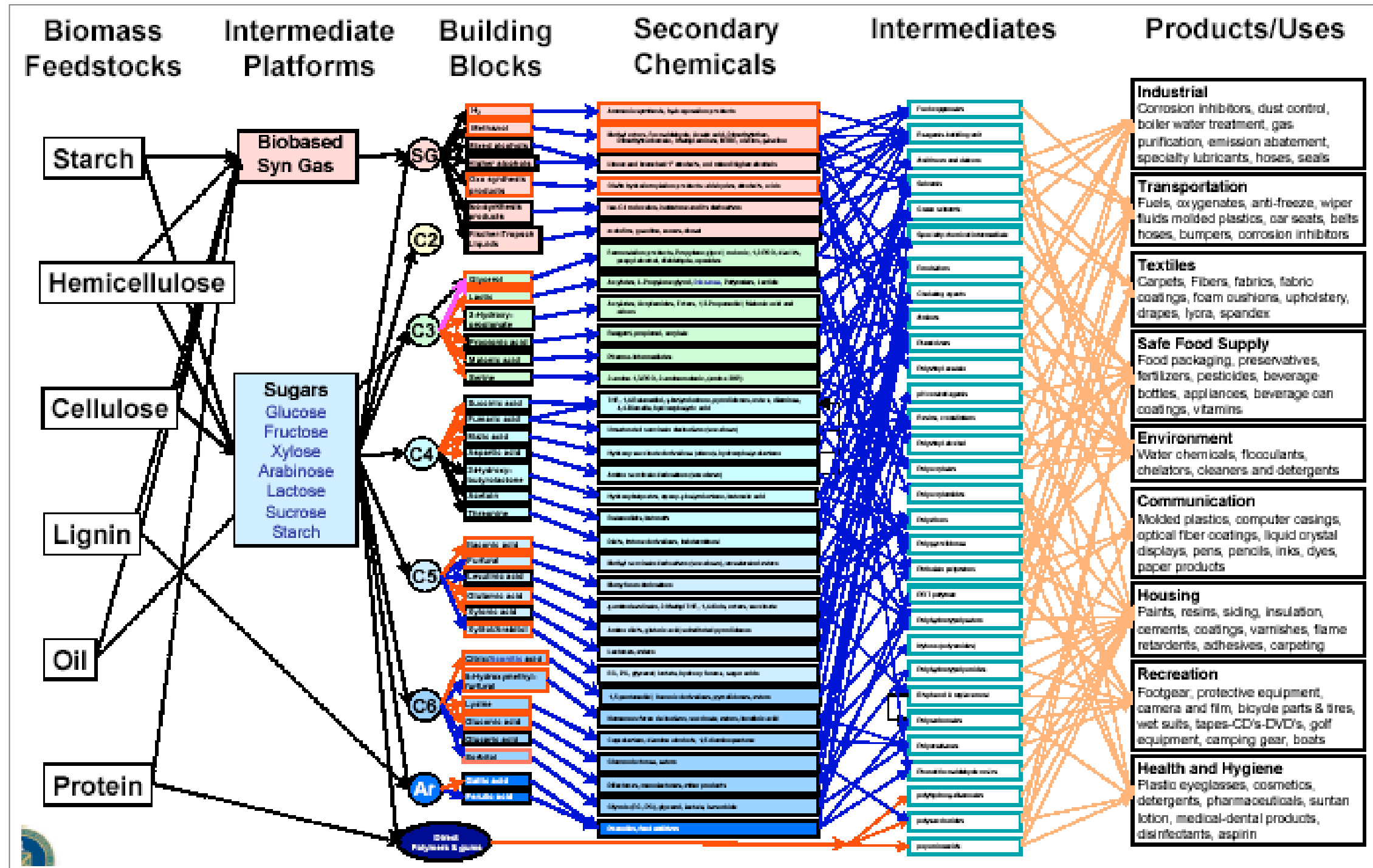


Figure 9 - Organigramme pour des bioproduits

Légende : SG, Syngas ; C2 à C3, nombre d'atomes de carbone ; Ar, composés aromatiques. Cette figure illustre l'approche basée sur la chaîne de valeur, utilisée dans le processus de sélection des molécules candidates (voir page 11 du document en annexe, la Figure 3 - Analogous Model of a Biobased Product Flow-chart for Biomass Feedstocks).

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Nouvelles voies de recherche sur les coproduits*

L'organigramme proposé ci-avant ne présente pas les quelque 300 composés constitutifs de la base de départ, mais seulement une trentaine d'entre eux (colonne *Building Blocks*), retenus au regard de critères stratégiques prenant en compte différents facteurs tels que le coût de mise en œuvre des matières premières, une estimation du prix de vente de ces matériaux traités, la complexité technique associée aux meilleurs procédés disponibles ou encore le potentiel marché de chaque composé candidat à évaluer (voir le **Tableau 2**).

**Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits**

*Nouvelles voies de recherche sur les coproduits*

**Tableau 2 - Critères de sélection**

Trois critères stratégiques sont appliqués aux molécules candidates : la capacité de substitution, le degré de nouveauté et le potentiel comme intermédiaire de synthèse.

	<b>Capacité de substitution</b>	<b>Degré de nouveauté</b>	<b>Potentiel comme intermédiaire de synthèse</b>
<b>Énoncé du critère</b>	Le composé est en compétition directe avec des produits d'origine pétrolière	Le composé est doté de propriétés nouvelles capables de remplacer des fonctionnalités existantes ou à la base de nouvelles applications	Le composé génère un portefeuille diversifié de produits dérivés
<b>Les « plus »</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les marchés existent déjà</li> <li>• Les structures de coût et le potentiel de croissance sont connus</li> <li>• Le risque de marché est très réduit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des nouveaux produits aux propriétés inédites éclipsent partiellement les questions de coûts</li> <li>• La pétrochimie ne fournit pas de procédés alternatifs compétitifs</li> <li>• La possibilité de se différencier repose principalement sur les nouvelles performances</li> <li>• De nouvelles opportunités de marché existent</li> <li>• L'essentiel des nouvelles propriétés est inhérent à la biomasse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des stratégies de changement de lignes de produits peuvent être adoptées pour réduire les risques de marché</li> <li>• Les perspectives de croissance du marché sont importantes</li> <li>• Les investissements de capitaux d'équipement peuvent être répartis sur un plus grand nombre d'opérations</li> <li>• De tels produits rassemblent les avantages des produits de substitution et des produits nouveaux</li> </ul>
<b>Les « moins »</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La concurrence s'exerce sur les coûts</li> <li>• De tels produits concurrencent le capital déprécié</li> <li>• La possibilité de différenciation des bioproduits par rapport aux produits pétroliers est limitée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le marché n'est pas clairement défini</li> <li>• Le capital-risque est élevé</li> <li>• Le temps de mise sur le marché peut être trop long</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'identification des efforts de R&amp;D est assez difficile</li> </ul>

▪ **Résultats: sélection de 15 composés à haute valeur ajoutée**

L'utilisation récurrente des critères présentés ci-avant pour évaluer les éléments de la base de données de départ a permis d'isoler environ 50 composés jugés prometteurs (voir le **Tableau 3**).

**Tableau 3 - Criblage préliminaire**

Les meilleures molécules candidates sont classées en fonction de leur nombre d'atomes de carbone C1 à C6.

Nombre d'atomes de carbone	Nom chimique usuel	Utilisation envisagée ou connue
1	Acide formique	Réactif
1	Méthanol	Bloc structural (limité)
1	Monoxyde de carbone (donne le syngas avec l'hydrogène)	Bloc structural
1	Dioxyde de carbone	Réactif
2	Acétaldéhyde	Intermédiaire
2	Acide et anhydride acétiques	Réactifs et intermédiaires
2	Éthanol	Carburant
2	Glycine	Réactif
2	Acide oxalique	Réactif
2	Éthylène glycol	Bloc structural et produit
2	Oxyde d'éthylène	Bloc structural et réactif
3	Alanine	Intermédiaire
3	<b>Glycérol</b>	Bloc structural
3	<b>Acide 3-hydroxypropionique</b>	Bloc structural
3	Acide lactique	Bloc structural
3	Acide malonique	Bloc structural et réactif
3	Sérine	Bloc structural
3	Acide propionique	Bloc structural et réactif
3	Acétone	Intermédiaire

4	Acétoïne	Bloc structural
4	<b>Acide aspartique</b>	Bloc structural
4	Butanol	Intermédiaire
4	<b>Acide fumarique</b>	Bloc structural
4	<b>3-hydroxybutyrolactone</b>	Bloc structural
4	<b>Acide malique</b>	Bloc structural
4	<b>Acide succinique</b>	Bloc structural
4	Thréonine	Bloc structural
5	<b>Arabinitol</b>	Bloc structural
5	Furfural	Bloc structural
5	<b>Acide glutamique</b>	Bloc structural
5	Acide glutaric	Bloc structural
5	<b>Acide itaconique</b>	Bloc structural
5	<b>Acide lévulinique</b>	Bloc structural
5	Proline	Bloc structural
5	<b>Xylitol</b>	Bloc structural
5	Acide xylonique	Bloc structural
6	Acide aconitique	Bloc structural
6	Acide adipique	Intermédiaire
6	Acide ascorbique	Bloc structural
6	Acide citrique	Bloc structural
6	Fructose	Bloc structural
6	<b>Acide furanne-2,5-dicarboxylique</b>	Bloc structural
6	<b>Acide glucarique</b>	Bloc structural
6	Acide gluconique	Bloc structural
6	Acides kojique et coumarique	Bloc structural
6	Lysine	Bloc structural
6	<b>Sorbitol</b>	Bloc structural
6	Lévoglucosane	Bloc structural

*Nouvelles voies de recherche sur les coproduits*

L'analyse des composés ainsi sélectionnés s'est poursuivie au regard de leur fonctionnalités respectives, estimées par le nombre de dérivés potentiels pouvant être engendrés selon des voies de transformations chimiques ou biologiques. Ainsi, un composé candidat donnera généralement naissance à un nombre de dérivés ou de nouvelles familles de molécules d'autant plus grand qu'il sera doté d'un nombre important de groupes fonctionnels. Tous les candidats ont également été évalués selon leur statut d'intermédiaire réactionnel, de réactif pour greffer des groupes fonctionnels à des molécules organiques, de sous-produits de synthèses pétrochimiques ou, enfin, de produits chimiques secondaires. Le résultat de ce processus conduit à l'identification de 29 blocs structuraux (présentés sur fond grisé dans le **Tableau 3**), caractérisés notamment par les propriétés suivantes :

- ces blocs sont dotés de groupements fonctionnels multiples autorisant la production de nombreux dérivés ou familles moléculaires ;
- ils peuvent être produits à partir de matière lignocellulosique ou d'amidon ;
- ils représentent des monomères de la gamme C1-C6 ;
- ils ne sont pas des aromatiques dérivés de la lignine (*cf. infra*) ;
- ils ne sont pas des produits chimiques secondaires.

À partir de cette première liste, un deuxième cycle de sélection a été opéré selon les quatre critères suivants :

- adéquation stratégique des blocs structuraux retenus avec la biomasse présente dans la bioraffinerie (amidon, lignocellulose) ;
- évaluation de la valeur des blocs structuraux et de leurs dérivés comme substituts ou nouveaux produits chimiques ;

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Nouvelles voies de recherche sur les coproduits*

- complexité technique des différentes voies de transformation des sucres en blocs structuraux, puis des blocs structuraux en dérivés ;
- potentiel des différents blocs structuraux de donner naissance à des familles de composés dérivés.

Un score a ainsi été attribué à chacun des 29 blocs structuraux retenus dans la première étape, permettant de distinguer 15 composés (présentés sur fond grisé ET en gras dans le **Tableau 3**) dont la note dépasse la moyenne. Trois composés (acide lactique, lévoglucosane et lysine) ont obtenu une note moyenne, tandis que les autres composés ont obtenu une cote inférieure à la moyenne.

Le chapitre 9 de l'étude américaine présente ces 15 composés de façon détaillée, en incluant d'une part une brève description des voies menant à la synthèse de chaque bloc structural à partir des sucres et, d'autre part, les différentes modalités de transformation conduisant à la synthèse de composés dérivés à partir de ces blocs<sup>49</sup>. Brièvement, l'obtention des blocs structuraux à partir des sucres met en œuvre des procédés biologiques (*in vivo*, par fermentation avec des microorganismes ou *in vitro*, en employant des enzymes) ou - dans une moindre mesure - chimiques (diverses réactions catalysées). À l'inverse, la transformation des blocs structuraux en dérivés met surtout en œuvre des procédés issus de la chimie (oxydation, réduction, coupure de liaison, déshydrogénation, polymérisation, etc.), ainsi que des biotransformations enzymatiques. Il convient de noter que les réactions biologiques, certes plus lentes ou difficiles à mettre en œuvre que des transformations chimiques, assurent généralement une plus grande spécificité de conversion. Par ailleurs, ces « fiches-produits » contiennent des informations sur les barrières techniques à franchir,

<sup>49</sup> Voir, dans le document annexé à la présente étude, les pages 21 à 64.

*Nouvelles voies de recherche sur les coproduits*

ainsi que des éléments sur les utilisations directes des blocs structuraux ou sur les usages potentiels des produits dérivés.

Enfin, sur la base d'une autre étude menée en 2003 par le NREL<sup>50</sup>, le cadre de l'étude réalisée conjointement par le PNNL et le NREL n'a retenu que l'hydrogène et le méthanol comme bioproduits les plus aboutis issus du syngas, au motif que la production des autres composés (alcools, produits d'oxosynthèse ou d'isosynthèse, liquides Fischer-Tropsch, etc.) requiert des développements technologiques importants avant d'être économiquement viable.

### ***Autres voies de recherches***

#### **▪ Des domaines quasi inexplorés**

Le travail sur le syngas comporte une voie de recherche originale méritant l'attention, qui consiste à réaliser une fermentation directe du gaz de synthèse. Des bactéries anaérobies telles que *Clostridium ljungdahlii* sont ainsi utilisées pour convertir en éthanol le gaz de synthèse (CO, CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>) obtenu à partir de déchets cellulosiques. Une technologie développée par la société américaine Bioresource Engineering Inc., encore au stade pilote, vise à combiner les étapes de gazéification et de fermentation en un seul procédé.

En mettant l'accent sur les dérivés de sucres et de syngas, l'étude conduite par le PNNL et le NREL laisse encore largement inexploré un champ d'investigation extrêmement prometteur que constituent les composés contenant plus de six atomes de carbone. Ainsi, les composés aromatiques peuvent être à l'origine de nombreux

---

<sup>50</sup> P. Spath and D. Dayton, *Preliminary Screening – Technical and Economic Assessment of Synthesis Gas to Fuels and Chemicals with Emphasis on the Potential for Biomass-derived Syngas*, NREL Technical Report NREL/TP-510-34929, December 2003. Le document peut être téléchargé à l'URL : <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34929.pdf>.

polymères et surfactants. Les polysacharrides, mais aussi les huiles ou les protéines d'origine végétale, représentent des segments de marché en expansion. La lignine, enfin, peut être valorisée de plusieurs façons.

### ▪ **Un exemple : la valorisation de la lignine**

La lignine constitue une masse résiduelle importante issue de la conversion de la biomasse par la voie biochimique. Les dérivés de la lignine trouvent des utilisations variées, comme agents liants (colles et adhésifs), sous forme de dispersants, d'émulsifiants, d'agents séquestrants ou encore comme réhausseurs d'indice d'octane.

S'agissant plus particulièrement de l'utilisation de la lignine pour les carburants, les axes de recherche actuels portent sur la conversion de la lignine en deux temps : une première étape de dépolymérisation de la lignine, puis une seconde étape d'hydrotraitement des composés obtenus. Les produits résultants - dotés d'un indice d'octane supérieur à 100 - sont, d'une part, un mélange d'hydrocarbures aromatiques ou naphthéniques et, d'autre part, des composés oxygénés (éthers aromatiques), tous utilisables comme additifs dans des carburants.

La décomposition de la lignine en ses constituants élémentaires est un domaine de recherche relativement neuf qui porte, par exemple, sur l'exploitation de la microflore intestinale des ruminants, ou l'utilisation de l'appareil enzymatique de certains champignons ou d'insectes xylophages.

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

Chap. 0 : Introduction  
Chap. 1 : Environnement du projet  
Chap. 2 : Étalonnage des pôles existants et meilleures pratiques  
Chap. 3 : Propositions de pistes pour le développement d'un pôle de compétences technologiques  
Chap. 4 : Pistes d'actions pour un développement exogène  
Chap. 5 : Nouvelles voies de recherche sur les coproduits  
Annexe : Produits chimiques à haute valeur ajoutée issus de la biomasse C



## **Annexe : Produits chimiques à haute valeur ajoutée issus de la biomasse**

### *Étude NREL-PNNL*

#### ▪ **Titre de l'étude**

*Top Value Added Chemicals from Biomass, Volume I—Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas, Produced by the Staff at the Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) and the National Renewable Energy Laboratory (NREL), Office of Biomass Program (EERE) for the Office of the Biomass Program, T. Werpy and G. Petersen, Editors, August 2004.*

Réalisation d'une étude de faisabilité et de validation  
d'un projet stratégique régional  
Les biocarburants et leurs coproduits

*Propositions de pistes pour le développement  
d'un pôle de compétences technologiques*

▪ **Texte intégral**

Le texte est disponible à l'URL :

[www.eere.energy.gov/biomass/pdfs/35523.pdf](http://www.eere.energy.gov/biomass/pdfs/35523.pdf)

•

